Lane Medical Library

UEBER DIE BEDEUTUNG DES OZONS ALS DESINFICIENS.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHÜLFE

EINER

HOHEN MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

GEORG-AUGUSTS-UNIVERSITÄT ZU GÖTTINGEN

VORGELEGT

VON

DR. HERMANN SONNTAG

AUS ÜLZEN.

LEIPZIG,

VEIT & COMP.

1890.

(Abgedruckt aus der *Zeitschrift für Hygiene.* Bd. VIII, Heft 1.)

Seit Schönbein im Jahre 1840 aus dem Auftreten eines eigenthümlichen „phosphorartigen“ Geruches bei der Elektrolyse des Wassers und bei dem Ausströmen der Elektricität von den Conductoren der Elektrisirmaschine aus, sowie aus der negativen Polarisation von Gold- und Platinstreifen nahe bei der Spitze eines geladenen Conductors, zuerst mit Bestimmtheit auf das Vorhandensein einer bis dahin unbekannten Gasart schloss, welcher er ihrer hervorstechendsten Eigenschaft wegen den Namen „Ozon“, riechendes Gas, beilegte, haben Chemiker und Meteorologen, nicht minder aber Physiologen, Aerzte und Hygieniker, gewetteifert, das Wesen und die Bedeutung dieses eigenartigen Stoffes zu ergründen oder ihm praktisch wichtige Seiten abzugewinnen.

Die chemischen Untersuchungen zahlreicher Forscher fanden, soweit sie sich auf die Constitution des Ozons beziehen, durch Soret und Brodie ihren Abschluss, welche auf verschiedenen Wegen den Nachweis führten, dass die schon von de la Rive und Marignac als lediglich aus Sauerstoff bestehend erkannte Gasart letzteren auf $^2/_3$ seines Volums im gewöhnlichen Zustande verdichtet enthält, dass also, gewöhnlichen Sauerstoff als zweiatomig vorausgesetzt, dem Ozon die Molecularformel O_3 zuzuschreiben ist.

Als die hervorragendste chemische Eigenschaft dieses Gases, welche sich aus der leicht durch die verschiedensten Agentien hervorzurufenden Umsetzung zu gewöhnlichem Sauerstoff unter Freiwerden eines Sauerstoffatoms erklärt, kannte man schon längst seine, besonders im feuchten Zustande äusserst kräftige, oxydirende Wirkung, vermöge deren es viele

Sauerstoffverbindungen von Metallen und Nichtmetallen in die höhere Oxydationsstufen überzuführen und sogar metallisches Silber unter Bildung von Silbersuperoxyd anzugreifen vermag. Insbesondere fand der Umstand Beachtung, dass auch die meisten organischen Verbindungen, selbst widerstandsfähigere Objecte — wie Kork, Kautschuk, Papier — durch Ozon leicht zerstört und organische Farbstoffe dabei sehr energisch — viel stärker als durch Chlor — gebleicht werden.

I. Das atmosphärische Ozon und seine hygienische Bedeutung.

Das aussergewöhnlich hohe Oxydationsvermögen des Ozons hatte zumal seit dessen regelmässiges Vorkommen in der Atmosphäre sicher gestellt schien, sehr bald weitgehende Vermuthungen über seine Bedeutung im Haushalte der Natur und speciell für Organismen verschiedenster Art wachgerufen. So war man gern geneigt, die — durch Versuche von Houzeau, Fox, Wolffhügel u. A. bestätigte — Thatsache, dass die Luft an bewohnten Orten, besonders in grossen Städten, weit ärmer an Ozon ist als im Freien und dass dieselbe in geschlossenen Wohnräumen unter gewöhnlichen Umständen überhaupt kein Ozon enthält, sowie die unter Anderen von Scoutetten nachgewiesene Zunahme des Ozongehaltes mit der Höhe über dem Erdboden — dahin zu erklären, dass die von den Wohnstätten und den Lebensprocessen von Menschen und Thieren bezw. vom Boden ausgehenden vielfachen Verunreinigungen der Luft ihre Zerstörung fänden durch das Ozon, welches in entsprechender Menge zu dieser luftreinigenden Wirkung verbraucht werde. Bestimmten Anhalt für diese Vermuthung gewährte einmal die von Carius[1] nachgewiesene Oxydation des Ammoniaks zu salpetriger Säure und Salpetersäure und ferner der durch Palmieri[2] bekannt gewordene Umstand, dass Luft beim Durchströmen durch lange Glasröhren einen Verlust an Ozon erleidet. Letzteres ist nämlich nach den Untersuchungen von Fox[3] und Wolffhügel[4] nicht, wie jener Beobachter und auch Houzeau geglaubt, auf Reibung zurückzuführen, sondern beruht darauf, dass Ozon zur Oxydation des im Innern der Röhren niedergeschlagenen Staubes, und zwar organischer Bestandteile desselben, verbraucht wird. Damit war also dargethan, dass das atmosphärische Ozon im Stande ist, sowohl gasförmige wie staubförmige Verunreinigungen der Luft zu zerstören, aber es ist noch unentschieden geblieben, ob diese Einwirkung auch quantitativ be-

[1] *Annalen der Chemie und Physik.* Bd. CLXXIV. S. 31.
[2] *Compt. rend.* 1872. p. 1266.
[3] Cornel B. Fox, *Ozone and Antozone.* London 1873.
[4] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XI. S. 428 ff.

deutend genug ist, um im grossen Haushalt der Natur wesentlich in Betracht zu kommen. Die luftreinigende Wirkung des atmosphärischen Ozons im Allgemeinen lässt sich nicht gut bemessen. Denn bei der von mannigfaltigen und wechselnden Bedingungen abhängigen und deshalb nicht controlirbaren Entstehung und Inanspruchnahme des Ozons ist, wie besonders Fox[1] und Wolffhügel[2] betont haben, nie sicher zu entscheiden, wodurch die Schwankungen im Ozongehalte der Atmosphäre bedingt sind, ob z. B. ein höherer Ozongehalt in erster Linie auf eine Zunahme in der Ozonlieferung oder auf eine Abnahme im Ozonverbrauch zurückzuführen ist. So werden bei Gewittern Ozon verbrauchende Luftbestandteile offenbar schon durch den Regen zum grossen Theil beseitigt, und wir wissen nicht, wie weit der höhere Ozongehalt schon hierdurch bedingt ist.

Freilich ist der Ozongehalt der Luft — nach Davy[3] etwa 1 ^{mg} in 100 ^{cbm} — gewöhnlich so gering, dass ein wesentlicher Einfluss desselben auf die Beschaffenheit der Atmosphäre zufolge der quantitativen Betrachtung wenigstens unwahrscheinlich ist. In geringen Mengen unterstützen vermuthlich noch andere Körper, wie salpetrige Säure und Wasserstoffsuperoxyd, das Ozon in Hinsicht der Luftreinigung, was uns die Beurtheilung der Leistungen des Ozons gleichfalls erschwert.

Ausser dieser allgemeinen Bedeutung hat man nun aber dem Ozon noch besondere Wirkungen, so die Vernichtung von Krankheitserregern, zugeschrieben. Gestützt auf den so entschieden activen Charakter des Gases, auch wohl auf gewisse Analogieen mit dem Chlorgas,[4] dessen Leistung als Bleichmittel vom Ozon sogar noch überboten wird, erklärte man das letztere für ein sehr wirksames Desinfectionsmittel, welches in dieser Hinsicht dem Chlor mindestens gleichzustellen sei. Als Bestandtheil der Atmosphäre sollte es die in der Luft schwebenden Krankheitskeime zerstören, Epidemieen verhüten oder beschränken, sein Fehlen dagegen sollte eine wichtige Bedingung sein für die zeitliche Disposition zur Entstehung infectiöser Krankheiten aller Art, insbesondere der Seuchen. Die Zuträglichkeit der Sommerfrische, des Aufenthaltes auf dem Lande, in Bädern und in Luftcurorten sollte hauptsächlich durch den hohen Ozongehalt der Luft, durch die grosse Reinheit der letzteren

[1] A. a. O. p. 74.

[2] A. a. O. S. 449.

[3] *Compt. rend.* t. LXXXII. p. 900.

[4] Vgl. Houzeau, *Ann. d. chim. phys.* (4) t. XXVII. p. 17, Anmerkung. — Ferner: Engler, Historisch-kritische Studien über das Ozon. *Leopoldina* XV. S. 61 des Separatabdruckes.

und den belebenden Einfluss des Ozons auf den menschlichen Organismu bewirkt werden.

Dieser Auffassung folgend schritt man auf verschiedenen Wegen zu künstlichen Darstellung des Ozons, um es in der Prophylaxe und selb in der Therapie zu verwerthen. Durch Zerstäuben von Wasser, Aethe verdunstung, Mischung von Kaliumhypermanganat und Schwefelsäure u. dgl ferner mit Hülfe elektrischer Apparate und durch „Ozonwasser" woll man Wohnräume mit reiner Luft versehen, Krankenzimmer und Wäsch desinficiren, ja es tauchte der Vorschlag auf, in einer grossen, von d Cholera heimgesuchten Stadt ganze Viertel und womöglich selbst d Atmosphäre durch Ozonentwickelung im grossen Maassstabe in einen g sunderen Zustand zu versetzen,[1] und zahllos endlich sind die therapeu tischen Versuche mit künstlich dargestelltem Ozon bei den verschiedenste Krankheiten.

Gegenüber diesem — wir wollen nicht verkennen — theoretisch nah liegenden Glauben an eine hohe Bedeutung des Ozons für die Gesund heit und das Wohlbefinden des Menschen ist es nun wohl am Platz darnach zu fragen, ob und welche Thatsachen sich mit der Zeit für desse Begründung, namentlich hinsichtlich des Einflusses auf Infectionserrege haben auffinden lassen. Wesentlich von zwei Seiten hat man dieselbe zu erbringen gesucht. Einmal durch Beobachtungen über den Einflus des Ozons auf pathologische Vorgänge — sei es, dass man die Frequen und den Verlauf von Epidemieen in ursächlichen Zusammenhang mit de Schwankungen des atmosphärischen Ozongehaltes brachte, oder dass ma Erfahrungen mit künstlich bereitetem Ozon bei verschiedenen Krankheite herbeizog — und zweitens durch experimentelle Ermittelungen des Des infectionswerthes. Sehen wir, wie es im Einzelnen mit diesen Be weisen steht.

Unter den Epidemieen war es im Wesentlichen die Cholera, dere verheerende Züge in den Jahren 1848 bis 1849, 1853 bis 1855 und 186 die Veranlassung gaben zu vielfachen Erhebungen über den Einfluss de atmosphärischen Ozonschwankungen. Die bezüglichen älteren Angabe finden wir bei verschiedenen Autoren, namentlich in dem bekannten Werk von Fox[2] zusammengetragen und ausführlich erörtert dargestellt; i Betreff der Einzelheiten mag hier auf jene Zusammenstellungen der Ozon Litteratur verwiesen sein. In der That liegt eine ansehnliche Reihe vo Beobachtungen vor, denen zu Folge ein Steigen der Epidemie zusammen

[1] Ixzed, Emploi de l'ozone dans le choléra. *Gaz. hebd.* 1884. t. XLII. p. 69

[2] *Ozone and Antozone.* p. 126—136. — Vgl. Engler, Historisch-krit. Studie über das Ozon. *Leopoldina* XV. S. 59 des Separatabdruckes.

gefallen war mit dem Sinken des atmosphärischen Ozongehaltes, und umgekehrt. Aber diesen anscheinend für eine Mitwirkung des Ozons sprechenden Ergebnissen steht fast die gleiche Anzahl anderwärts gefundener widersprechender Thatsachen gegenüber, nach denen der Ozongehalt der Luft sich zur Zeit der Epidemie entweder nicht vermindert oder gar erhöht gezeigt hatte. Dazu kommt, dass die Methoden der Ozonbestimmung oder vielmehr der Ozonoskopie zur Zeit der in Rede stehenden Epidemieen wenig zuverlässige waren, und endlich verdient auch hier der schon hervorgehobene Umstand Beachtung, dass uns bis jetzt noch die nöthige sichere Grundlage für die Beurtheilung der atmosphärischen Ozonschwankungen fehlt, nämlich eine erschöpfende Kenntniss der Gesetze der Ozonlieferung in ihrem Verhältniss zum Ozonverbrauch. Und selbst wenn man ein zeitliches Zusammentreffen des Steigens und Fallens der Zahl der Erkrankungen und Todesfälle während einer Epidemie mit den entsprechenden Ausschlägen der Curven des Ozongehaltes der Luft nicht als zufällig ansehen will, bleiben verschiedene Möglichkeiten offen, dasselbe anders als in dem gewollten ätiologischen Sinne zu erklären. So kann, wie schon Fox[1] hervorhebt, die Verminderung des Ozongehaltes während einer Epidemie auch umgekehrt eine Folge der durch letztere bedingten Emanationen sein, oder vielleicht Ozongehalt und Epidemie unter Umständen zugleich durch meteorologische Verhältnisse beeinflusst werden.

In neuerer Zeit haben einzelne Beobachter bei Gelegenheit der letzten grösseren Choleraepidemieen in Frankreich in den Jahren 1871 und 1884 besonders auch den Einfluss des künstlich entwickelten Ozons auf die Ausbreitung und Intensität der Cholera zu ermitteln gesucht. Der schon erwähnte Vorschlag zur Reinigung der Luft von Ixzed[2] stützt sich auf dessen während der Choleraepidemie 1871 in einer grossen Stadt gemachte Erfahrung, dass in Häusern und Zimmern zweier Stadtviertel, in welchen er mittelst der Houzeau'schen Röhren Ozon entwickelte, kein Cholerafall zur Beobachtung gekommen war. Onimus,[3] welcher übrigens auch die Schwierigkeit der Messung des atmosphärischen Ozons und ferner wenigstens die Nothwendigkeit längerer Beobachtungen an demselben Orte betont, glaubt zunächst aus der Vergleichung der Ozonschwankungen zur Zeit der Epidemie und in den entsprechenden Monaten des Vorjahres eine ungefähre Uebereinstimmung zwischen geringerem Ozongehalt und grösserer Sterblichkeit, und umgekehrt, entnehmen zu können. Dann giebt er an, durch mässige Ozonentwickelung in Krankensälen mittelst des Ruhmkorff'schen

[1] A. a. O. Vgl. Wolffhügel, a. a. O. S. 447 ff.
[2] *Gaz. hebd.* 1884. t. XXIV. p. 691.
[3] *Ebenda.* p. 563, 578 und 845.

Inductors und Berthelot'scher Ozonröhren, „falls nicht leichtere Fälle vorlagen", ausgezeichnete Resultate erzielt zu haben, und glaubt daher einerseits an den prädisponirenden Einfluss des Ozonmangels und andererseits an die günstige Wirkung des atmosphärischen Ozons, welches die Ausbreitung einer Choleraepidemie beschränke.

Dass solche Erfahrungen nicht die Bedeutung eines wissenschaftlichen Beweises beanspruchen können, liegt auf der Hand, wenn auch durch die Verwendung künstlich dargestellten Ozons ein Theil der Schwierigkeiten der Beurtheilung hinweggeräumt wird. Nun hat aber die Aetiologie gerade der Cholera von ganz anderer Seite her eine Aufklärung der Art gefunden, dass auch die in Rede stehende Frage in einem neuen Lichte erscheint. Die von R. Koch entdeckten Choleraspirillen, deren ätiologische Bedeutung jetzt wohl kaum mehr bezweifelt wird, verlieren ihre Entwickelungsfähigkeit, sobald sie sich, wenn auch nur kurze Zeit, im Zustande vollständiger Trockenheit befinden. Dieselben sind, wenn in Staubform gebracht und dadurch zur Verbreitung durch Luftströmungen geeignet, nicht mehr entwickelungsfähig und konnten dementsprechend bisher auch mit Hülfe der biologischen Methode des Nachweises in der Luft niemals aufgefunden werden. Auf Cholerakeime, welche an der Erdoberfläche — sei es in Flüssigkeiten oder im Boden — niedergelegt sind, wird das atmosphärische Ozon einen nennenswerthen Einfluss nicht ausüben, weil die Luft ihren Gehalt an Ozon bei Berührung mit dem Boden durch dessen Verbrauch zur Oxydation von nicht pathogenen Dingen alsbald verliert, so dass Ozon stets nur zu den oberflächlichen Schichten kommen kann. Mithin liesse sich ein Einfluss des natürlichen oder künstlich erzeugten Ozons in der Luft auf Entstehung und Verlauf einer Choleraepidemie überhaupt nur denken durch eine Einwirkung desselben auf etwa in Betracht kommende meteorologische Verhältnisse — von denen jedoch nichts bekannt ist — oder auf den der Infection ausgesetzten Organismus, also durch Beeinflussung der allgemeinen oder individuellen Disposition bezw. auch des Allgemeinzustandes Erkrankter. Auch letzteres hat gewiss nicht viel für sich. Es mag erwähnt werden, dass Onimus, freilich ohne Berücksichtigung der Koch'schen Resultate, auch die Möglichkeit einer solchen indirecten Wirkung, und zwar durch Unterstützung der „Oxygenisation" des Blutes, in Betracht zieht. Inwiefern hierdurch gerade die Cholera beeinflusst werden soll, ist allerdings nicht ersichtlich. Die weitere Erörterung der Frage einer derartigen physiologischen Wirkung des Ozons liegt ausserhalb des Rahmens der mir gestellten Aufgabe. Es genügt, hier festzustellen, dass die bisherigen Untersuchungen über den Einfluss des Ozons auf die Cholera keine Spur eines wirklichen Beweises für die desinficirende Wirkung des atmosphä-

rischen oder künstlich dargestellten Ozons enthalten, dass dessen Anwendung im gasförmigen Zustande vielmehr mit grosser Wahrscheinlichkeit gerade für die Desinfection gegen Cholera als bedeutungslos bezeichnet werden muss.

Noch anderen epidemisch und endemisch auftretenden Krankheiten, wie der Malaria, dem Flecktyphus, der Pest,[1] hat man eine gewisse Abhängigkeit von dem Einflusse des Ozons zugeschrieben und selbst versucht, für das Fehlschlagen einer Reihe von Schutzimpfungen[2] einen besonders hohen Ozongehalt der Luft verantwortlich zu machen, doch gründen sich die betreffenden Angaben kaum auf mehr als blosse Vermuthungen.

II. Das künstlich erzeugte Ozon als Heilmittel.

Versuchen wir nun weiter, aus den bisher gemachten Erfahrungen über die therapeutische Verwendung des Ozons Anhaltspunkte für die Beurtheilung seines Verhaltens gegenüber den Infectionserregern zu gewinnen. Dabei ist zunächst das physiologische Gebiet wenigstens insoweit zu berühren, als es sich um die viel erörterte Frage handelt, ob das Ozon als solches in therapeutisch verwendbaren Mengen überhaupt in den Organismus einzudringen und darin nutzbar zu werden vermag. Wir geben zu, dass die vielfach angezweifelte Löslichkeit des Ozons in Wasser, besonders nach den Untersuchungen von Leeds,[3] als bewiesen anzusehen und somit immerhin die Möglichkeit vorhanden ist, dass das Ozon als solches, wenn auch nur in sehr geringen Mengen, einerseits bei der Anwendung auch in wässeriger Lösung, andererseits nach der Aufnahme in Säfte und Secrete des Körpers zu wirken vermag. Dass nämlich auch in eiweisshaltiger Flüssigkeit und insbesondere im Blute durchaus nicht nothwendig eine völlige Zersetzung des eingeführten Ozons erfolgen muss, ist durch directe Versuche von Binz[4] erwiesen. Ausserdem aber ist durch Ermittelungen, welche Binz über die schlaferzeugende Wirkung ozonisirter Luft[5] angestellt hat, trotz vereinzelten Widerspruchs[6] wohl endgültig festgestellt, dass gasförmiges Ozon in unschädlichen Mengen

[1] Eulenberg's *Vierteljahrsschrift für ger. Medicin* u. s. w. Bd. XVII. S. 393.

[2] *Ebenda.* Bd. XVII. S. 393 und Bd. XXVIII. S. 374.

[3] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.* Bd. XII. S. 1831.

[4] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1882. Nr. 41. — *Berliner klinische Wochenschrift.* 1882. Nr. 43.

[5] *Ebenda.* 1882. Nr. 1, 2 und 43. — Vgl. ferner: Meyer, Experiment. Studien über den Einfluss des Ozons auf das Gehirn. *Dissertation.* Bonn 1883.

[6] M. Filipoff, Zur therapeutischen Bedeutung von O_2 und O_3. Pflüger's *Archiv.* 1884. Bd. XXXIV. S. 335.

durch die Lungen sogar ins Blut übergehen und resorptive Wirkungen äussern kann.

Sind somit gewisse physiologische Vorbedingungen für die therapeutische Wirksamkeit des Ozons als Gas und in Lösung erfüllt, so fällt dem gegenüber — trotz der ausgedehntesten und vielseitigsten Empfehlung und Verwendung desselben in der Therapie — beim Sichten der bezüglichen Litteraturangaben und Casuistik unsere Ausbeute an verwerthbarem Material zur Beurtheilung und Begründung der Heilkraft des Ozons nur gering aus. Jene vielfachen Erfolge, welche Lender mit der von ihm seit 1870 angewandten[1] und als „Ozonwasser" empfohlenen Lösung bei den allerverschiedensten Krankheiten erzielt haben will, und welche das Ozon fast als Universalheilmittel erscheinen lassen, mussten von vornherein den stärksten Zweifeln begegnen. Erhebliche Bedenken wurden zunächst betreffs der chemischen Beschaffenheit dieses Mittels geäussert: Mehrfach wurde in dem „Ozonwasser" lediglich unterchlorige Säure[2] oder salpetrige Säure und Untersalpetersäure[3] gefunden, bei völliger Abwesenheit von Ozon. Aber wenn man auch nach den Untersuchungen von Carius[4] zugeben will, dass später bei der fabrikmässigen Herstellung des Präparates regelmässig jene Beimengungen vermieden und ein gewisser Ozongehalt erzielt wurde, so war der letztere doch so gering — höchstens $^1/_{1000}$ Gew.-Procent, also im Liter weniger als 1 ^{cgrm} — dass es in der That schwer halten musste, dem Präparat irgendwelche Wirksamkeit selbst bei directer Anwendung zuzutrauen.[5] Dass vollends bei jener, ebenfalls von Lender empfohlenen Methode,[6] nach welcher ein durch das Ozonwasser geleiteter Sauerstoffstrom zu inhaliren ist, die in den Organismus gelangenden, verschwindend geringen Quantitäten Ozon für letzteren überhaupt in Betracht kommen sollten, hat wohl niemals ernstlichen Glauben gefunden. Ferner ist es kaum denkbar, dass so ausgesucht verschiedenartige Zustände,[7] wie Tuberculose, Gelenkrheumatismus, Glaukom, Asthma,

---

[1] *Sauerstoff und Ozonsauerstoff nebst ihrer Anwendung bei Verwundeten.* Berlin 1870. — Göschen's *Deutsche Klinik.* 1870—1873. — *Jahresberichte für die ges. Medicin* von 1870 an.

[2] Rammelsberg, *Berichte der deutsch. chemisch. Gesellschaft.* 1873. S. 605. — Behrens und Jakobson, *Vierteljahrsschrift für prakt. Pharm.* Bd. XXII. S. 230.

[3] Böttger, *N. Rep. Pharm.* Bd. XXI. S. 181.

[4] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.* 1872. S. 520.

[5] Vgl. Oppenheim, Ueber neue Anwendung des Sauerstoffs in Rücksicht auf Gesundheitspflege. *Verhandlungen der deutschen Gesellschaft für öffentl. Gesundheitspflege.* 16. Novbr. 1875. — *Vierteljahrsschrift für gerichtl. Medicin* u. s. w. 1876. Bd. XXV. S. 405.

[6] *Berliner klinische Wochenschrift.* 1873. S. 588.

[7] *Ebenda.* 1873. S. 588.

Bleichsucht, Gicht, Intermittens u. s. w., überhaupt durch ein und dasselbe Mittel wesentlich beeinflusst werden sollten. Dem entsprechend war auch aus der langen Reihe der Veröffentlichungen Lender's und seiner Anhänger, wie Hüller, Behrend, Waldmann, insbesondere hinsichtlich der desinficirenden Eigenschaften des Ozonwassers keine überzeugende Thatsache zu entnehmen, obwohl die Angaben sich vielfach auch auf die Anwendung des Ozonwassers bei Epidemieen und infectiösen Krankheiten beziehen. Vielmehr erfuhren die Lender'schen Lehren schon im Jahre 1873 in einer Versammlung der Berliner medicinischen Gesellschaft[1] eine ausschliesslich absprechende Kritik, und im November 1875 erklärte P. Börner in der Gesellschaft für öffentliche Gesundheitspflege,[2] ohne auf irgend welchen Widerspruch zu stossen, dass die Wichtigkeit dieses Heilverfahrens jedenfalls nicht der umfangreichen Litteratur über dasselbe entspreche, und dass eine Reihe sogenannter „Erfahrungen", bei welchen sogar hervorragende Namen genannt werden, irrig sei.

Geraume Zeit verlautete nichts von neuen Resultaten der Anwendung des Ozonwassers. Nur aus Frankreich, wo man eine Zeit lang auch dem einfachen Sauerstoffwasser, der „eau oxygénée", als Desinficiens sehr günstige Wirkungen zuschrieb, kam 1885 die vereinzelte Mittheilung von Ménière,[3] dass er besonderen Nutzen von dem Gebrauch des Ozonéïne, einer Lösung von Ozon, in 18 Fällen von chronischer Otorrhoe gesehen habe.

Erst seit Kurzem haben dann abermals mehrere Autoren über therapeutische Erfolge durch Ozonwasser berichtet, und zwar vorzugsweise im Sinne der Desinfectionstheorie. Nach Schmidt[4] sollen Injectionen concentrirteren Lender'schen Ozonwassers bei Carcinom von vorzüglicher Wirkung gewesen sein — was angesichts der neuerdings wieder erwogenen Möglichkeit der infectiösen Natur des Krebses auch hier von Interesse wäre. Ausserdem sollen die Injectionen sich auch bei tuberculösen Abscessen und Gelenkaffectionen erfolgreich gezeigt haben.

Von Stern[5] sind bald darauf „überraschende" Resultate einer ähnlichen Therapie, besonders bei verschiedenartigen tuberculösen Processen veröffentlicht. Den mitgetheilten Krankengeschichten zufolge sollen durch Tamponade mit Sublimatgazestoff (!), welcher mit Ozonwasser getränkt war, tuberculöse Granulationsherde am Mastdarm und am Sternum zur

[1] *Berliner klinische Wochenschrift.* 1873. S. 588.
[2] *Vierteljahrsschrift für ger. Medicin* u. s. w. 1876. Bd. XXV. S. 405.
[3] *Annales des maladies de l'oreille.* 1885. Nr. 3.
[4] *Münchener medicinische Wochenschrift.* 1888. Nr. 16.
[5] *Deutsche Medicinal-Zeitung.* 1888. S. 493 und 565.

Heilung gebracht sein, ebenso durch directe Injectionen von Ozonwasser verschiedene tuberculös-eitrige Gelenkentzündungen, sowie tuberculöse Drüsen, und auch zur Erzielung der Prima intentio und antiseptischen Wirkungen soll das Ozonwasser wohl geeignet sein. Stern's Mittheilungen über das Ergebniss der Anwendung des Ozonwassers bei tuberculösen Processen der Lunge, sowie der bacteriologischen Versuche stehen noch aus. Zu berücksichtigen ist übrigens, dass die neuerdings dargestellten und auch von den letztgenannten Autoren benutzten Lösungen einen weit höheren Gehalt an Ozon aufweisen sollen als das früher von Carius untersuchte Ozonwasser, so dass letzteres in Concentrationen von 50 mgrm bis 2 dgrm auf 1 Liter zur Anwendung käme.[1] Die erwähnten Mittheilungen von Schmidt und Stern haben bis jetzt wenig Interesse und nur ganz vereinzelte Bestätigung gefunden. So soll Kispert (Madrid) erhebliche Besserung mit Aussicht auf völlige Genesung in einem Falle von Gesichtskrebs und Heilung eines tuberculösen Geschwürs am Munde durch Ozonwasser erzielt haben, und berichtet Berendsen[2] (Ratzeburg) von Heilerfolgen. Letzterer hat zugleich das Feld der Ozonwassertherapie wieder bedenklich erweitert, denn er berichtet über Erfolge derselben nicht nur bei Gesichtskrebs, chronischer Lungenentzündung und Wundbehandlung, sondern auch bei Altersschwäche (!), Hysterie, Muskel- und Gelenkrheumatismus und Gonorrhoe.

Nun sind aber in jüngster Zeit neuerdings Stimmen laut geworden, denen zufolge Lender's „Ozonwasser" auch jetzt kein Ozon enthalten soll (C. Guldensteeden-Egeling,[3] Wefers-Bettink[4]). Nach einer der Mittheilungen[3] enthält es lediglich freies Chlor und sei nichts weiter als ein im Liter 0·22 mgrm Chlor enthaltendes Chlorwasser. Dem gegenüber erklärt freilich Herr Dr. Berendsen,[5] es sei eine genaue Prüfung des Verfahrens der „Ozonwasser"-Bereitung in seiner Gegenwart von dem

[1] Die neue Preisliste von R. G. Lender's Fabrik elektrischen Sauerstoffs (O_3) in Berlin bietet an:

Ozon-Trinkwasser zu 25 mgrm O_3 im Liter,

Ozon-Inhalations-, Injections- und Gurgelwasser } in 2 Sorten zu 50 mgrm und 100 mgrm im Liter,

concentrirte Ozonlösungen zu $2^1/_2$, 5, $7^1/_2$ und 10 dgrm O_3 im Liter, also in 10-, 20-, 30- und 40-fachen Stärken des Ozon-Trinkwassers.

[2] *Der praktische Arzt.* August 1888 und 1889. Nr. 8.

[3] Guldensteeden-Egeling, *Nier Tijdschrift voor Apothekers.* Ref. in *Industrieblätter.* 1889. Nr. 18. S. 143.

[4] Wefers-Bettink, *Apothekerzeitung.* 1889. S. 558. Ref. in *Industrieblätter* 1889. Nr. 28. S. 224.

[5] *Der praktische Arzt.* August 1889. S. 173.

ereidigten Gerichtschemiker Dr. Jeserich in der R. G. Lender'schen abrik vorgenommen worden: „Das Resultat war, dass wir in der That efunden, was wir erwartet, nämlich Ozon."

Damit hofft nun Herr Berendsen, wie er selbst ausdrücklich be-erkt, „Jedem, der sich für Ozon interessirt, den Beweis geführt zu haben, ss die Fabrik in Berlin, Potsdamerstr. 83 A, in der Lage ist, wirkliches onwasser anbieten zu können, und nunmehr wohl diese Frage als ledigt ansehen darf."

Wenn Herr Berendsen von seinen Ermittelungen an Ort und Stelle s nicht mehr zu berichten weiss, so hätte er besser den als Chemiker gezogenen Dr. Jeserich selbst reden lassen. In der Aeusserung des chverständigen würden wir nicht bloss die uns doch wenig nützende, ruhigende Versicherung erhalten, dass in R. G. Lender's Fabrik oder dessen frischem Fabrikat Ozon zu finden ist, sondern hätten vielmehr ch einen Nachweis darüber zu erwarten, ob die Art und Ausdehnung r Fabrikanlage, sowie der Betrieb derselben als ausreichend für die eferung derjenigen Ozonmengen anzusehen sind, welche R. G. Lender nen Geschäftsbüchern zufolge in den Handel bringt. Der Fabrikant, r jetzt einen Sonderabzug der Berendsen'schen Mittheilung seiner reisliste beilegt, würde seiner Sache nützen, wenn er auf diese Empfeh-ng verzichten und sich von Herrn Dr. Jeserich ein die quantitative ite mit berücksichtigendes Attest geben liesse.

Eine solche Bescheinigung hat man im Hinblick darauf als dringend wünscht zu bezeichnen, dass die Prüfung der Ozonpräparate mit Hülfe emischer Reactionen auf mancherlei Schwierigkeiten stösst (vgl. unten n experimentellen Theil).

In neuester Zeit tritt der in Berlin lebende Specialarzt für Hals-, hren- und Nasenkrankheiten Dr. med. Otto Ringk unter Mittheilung erapeutischer Erfolge für die Verwendung des Ozons zur Behandlung n Diphtheritis, Scharlach, Stickhusten, Tuberculose und Bekämpfung r epidemischen Verbreitung dieser Krankheiten ein. Zu diesem Zweck mpfiehlt er an Stelle des Lender'schen Ozonwassers ein vom Chemiker r. Stelzer hergestelltes Ozonpräparat Namens „Antibakterikon", bei elchem das Ozon nicht in Wasser, sondern in reinstem Citronenöl gelöst sein scheint.[1]

Was nun die Erfahrungen über die therapeutischen Wirkungen des zons im gasförmigen Zustande betrifft, so können zunächst alle jene üheren Anpreisungen der Ozonentwickelung in Krankenzimmern mittelst

[1] Vgl. O. Ringk, *Wie können wir Ansteckungskrankheiten etc. entgegentreten?* erlin 1890. S. 11 u. 16.

Terpentinöl-, Aether- oder Wasserverdunstung und verschiedenartiger chemischer Agentien hier nicht wohl in Betracht kommen, da dieselben einmal fast durchweg gerade von den zu erhärtenden Vermuthungen wie von sicheren Thatsachen ausgehen, und ausserdem bei allen derartigen Methoden die dafür empfohlenen Verfahren zur Erzeugung des Ozons qualitativ und quantitativ durchaus unzuverlässig sind. Auch die Angabe von Jochheim,[1] welcher besonders durch Mischung von Kaliumhypermanganat und Schwefelsäure erzeugtes „Ozon" bei Diphtheritis inhalirt liess, haben keine Bedeutung mehr, denn so vielversprechend dieselben auch anfangs lauteten, so wenig haben sie sich in irgend einer Weise bestätigt.

Die therapeutische Verwendung der auf elektrischem Wege ozonisirten Luft und besonders des ozonisirten reinen Sauerstoffgases arbeitet mit ozonreicheren Gasgemengen und bietet grössere Sicherheit bezüglich der chemischen Beschaffenheit des wirksamen Agens als alle übrigen Methoden. Dennoch wurde dieselbe wenig versucht, denn in Folge mehrfacher Warnungen, so von Houzeau,[2] Thenard,[3] Liebreich,[4] und in Rücksicht auf die schon von Schwartzenbach,[5] Ireland,[6] Schönbein,[7] dann von Redfern,[8] von Dewar und Kendrik[9] u. A. an kleinen Thieren ausgeführten Versuche befürchtete man von dem Gebrauche des reinen Ozons bezw. ozonreicher Gasgemenge verderbliche Wirkungen auf die Athmungsorgane, wogegen indess nach den Erfahrungen von Binz[10] anzunehmen ist, dass diese Gefahr in Anbetracht der geringen Ergiebigkeit der gewöhnlich benutzten Mittel zur Darstellung des Ozons keine sehr erhebliche ist.

Aus der Reihe bezüglicher therapeutischer Mittheilungen darf ich zunächst die oben schon erwähnten Versuche von Onimus[11] an Cholerakranken nennen. Nun hält dieser Autor selbst das Beobachtungsergebniss nicht gerade für beweisend, wenn es ihn auch in seiner persönlichen Ueberzeugung von der desinficirenden Wirkung des Ozons bestärken konnte

[1] Jochheim, *Ozon und Diphtheritis.* Heidelberg 1880.
[2] *Compt. rend.* 1872. t. LXXII. p. 144.
[3] *Ebenda.* 1876. t. LXXXII. p. 157.
[4] *Deutsche medicinische Wochenschrift.* 1880. S. 317.
[5] *Verhandlungen der Würzburger physik.-medicin. Gesellschaft.* 1850. S. 322
[6] *Edinb. med. Journ.* 1863. p. 729.
[7] *Zeitschrift für Biologie.* 1867.
[8] Poggendorff's *Annalen.* Bd. CLII. S. 329.
[9] *Ebenda.* S. 330.
[10] *Berliner klinische Wochenschrift.* 1882. Nr. 1.
[11] Vgl. diese Abhandlung. S. 7. Anm. 3.

ach meinem Dafürhalten[1] ist hier aber gar nicht die Möglichkeit einer rkung auf die Cholerabacterien zuzugeben, wenn man sich nicht zu ungeheuerlichen Annahme versteigen will, dass durch die Lungen in's at aufgenommenes Ozon noch im Darme desinficirende Wirkungen ssern könne.

Ueber beachtenswerthe Resultate berichtet wohl einzig E. de Renzi[2] Jahre 1886, welcher Einathmungen ozonisirter Luft oder ozonisirten erstoffgases bei zwei Diabetikern und 13 Phthisikern in Anwendung Während bei ersteren jeder Erfolg ausblieb, wurde bei letzteren rchweg „ausgeprägte Acidität des Harnes und Verbesserung der Gemterernährung" erzielt, besonders im Vergleich zu den einer anderen handlung unterworfenen Kranken. Doch liegt es gerade bei den Beichtungen von E. de Renzi offenbar näher, eine physiologische Wirng des Ozons auf die Athmungsorgane und das Blut anzunehmen, als e Beeinträchtigung oder Vernichtung der ursächlichen Krankheitskeime, r Tuberkelbacillen, wenngleich auch die letztere Möglichkeit — vielleicht e indirecte Wirkung, durch Verschlechterung der Wachsthums- und rmehrungsbedingungen für die Parasiten — nicht ausgeschlossen erheint.

III. Das künstlich erzeugte Ozon als Desinfectionsmittel.

Mit der vorstehenden Litteraturübersicht ist meines Wissens die nicht en stattliche Reihe der thatsächlichen Belege aus dem Gebiete epimiologischer und therapeutischer Erfahrungen, soweit sie überhaupt r eine desinficirende Wirkung des Ozons in's Feld geführt werden nnen, im Wesentlichen erschöpft. Dass mit denselben auch nur einigerassen sichere Anhaltspunkte zur Beurtheilung der in Rede stehenden rage gegeben seien, ist wohl kaum zu behaupten. Um so mehr sehen r uns daher auf die directe Prüfung durch Impfungsversuche und durch s bacteriologische Experiment angewiesen. Es wäre zu erwarten, dass eser Weg schon längst in zweckentsprechender Weise beschritten wäre. ilein, was an einschlägigen „Desinfectionsversuchen" in der Litteratur fgeführt ist, verdient zum grössten Theil kaum diesen Namen, wenigens nicht in dem heute üblichen Sinne. So vor Allem diejenigen Anben, welche auf früher herrschenden Vorstellungen fussen, denen zufolge esinfection und Desodoration ungefähr als gleichwertig galten. Hierher hören die Mittheilungen von Houzeau,[3] welcher fand, dass schmutzige

[1] Vgl. diese Abhandlung. S. 8 ff.

[2] *Archiv für pathol. Anatomie und Physiologie.* Bd. CIV. S. 203.

[3] *Annal. chim. phys.* (4) t. XXVII. p. 17.

Wäsche in ozonhaltiger Luft ihren unangenehmen Geruch schnell verlo von Scoutetten,[1] welcher durch Ozon faulende organische Stoffe geruc los machte und einen durch Dünger verunreinigten Saal „desinficirte indem er den Ammoniakgeruch in demselben beseitigte; von Caillol d Poncy,[2] welcher in Marseille das Ozon zum „Desinficiren" von Hörsäle benutzte, und gewiss noch manche andere.

Zum Theil ist auch wohl noch dasjenige hierher zu rechnen, wa über die Aufhebung oder Beschränkung der Fäulniss berichtet wir Wenn Wood und Richardson[3] an faulendem Blute und Boillot[4] a verschiedenen animalischen Stoffen die Fäulniss während längerer Ze verhindern konnten, so hat auch hierbei wohl hauptsächlich die Beseit gung des üblen Geruches als Kriterium gedient, da in deren Berichte von einer bacteriologischen Prüfung nicht die Rede ist.

Soweit derzeit die Erkenntniss des Wesens der Fäulniss reicht, weis man, dass — wo in Folge reichlichen Zutretens von Sauerstoff di stinkende Fäulniss zur geruchlosen Verwesung werden kann — die B theiligung der Mikrobien am Fäulnissprocesse nicht etwa aufhört, sonder dass nur die anaëroben niedersten Lebensformen hinter den aëroben zurück treten und die Fäulnissproducte, insbesondere auch die stinkenden Gas auffallend rasch zu Wasser, Kohlensäure, salpetriger Säure und Salpeter säure oxydirt werden. Den Einfluss des Ozons auf Fäulnissvorgänge wir man sich kaum anders vorzustellen haben, als die Einwirkung des Saue stoffs, wenn wir auch unter Umständen vielleicht davon eine noch promp tere Leistung erwarten dürfen. Diese Auffassung steht, wenn man vo Wesen der Fäulniss als einem durch die Lebensäusserungen von Spalt pilzen bedingten Gährungsvorgange zunächst absieht, mit Hoppe-Seyler's Lehre nicht in Widerspruch, welche schon die bei Sauerstoffzufuhr e folgende, durch auffallend energische Oxydationen bedingte Aenderun des Fäulnissprocesses als eine Folge der durch den nascirenden Wasserst bewirkten Activirung des Sauerstoffs ansieht und diesem activen Saue stoff (O_1) noch energischere Oxydationsleistungen zuerkennt, als dem oz nisirten (O_3).

Dass übrigens stinkende Fäulnissproducte durch Ozon unter Beseiti gung des Geruches stark angegriffen werden können, ohne dass es sic um die Aufhebung der Lebensäusserung von Bacterien handelte, geh

[1] *Gaz. hebd.* 1884. p. 563.

[2] *Ebenda.* 1884. p. 563.

[3] Bei Fox. S. 30.

[4] *Compt. rend.* Bd. LXXXI. p. 1258. — *Berichte der deutschen chem. Gesel schaft.* 1876. Nr. 9. S. 190.

[5] *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. II. S. 22.

B. aus einigen Untersuchungen von Falk[1] hervor, nach welchen u. A. e Lösung von Indol durch zwölfstündiges Einleiten von ozonisirter rft bis zum völligen Verlust der Reaction und des Geruches verändert rde.

Diejenigen Versuche aber, welche sich mit den Bacterien selbst beäftigen, sind nicht nur fast sämmtlich an saprophytisch vorkommen- Arten, besonders an Gährungs- und Fäulnisserregern, angestellt, sonn grösstentheils auch, wie wir jetzt wissen, unter Anwendung unzuhender Methoden ausgeführt. So fand Burdon Sanderson,[2] dass als Reagens auf das Vorhandensein entwickelungsfähiger Bacterien nutzte „Pasteur'sche Flüssigkeit" durch Bacteriengemische, denen nisirtes Wasser zugesetzt war, nicht getrübt wurde, und nimmt desb an, dass Bacterien durch ozonisirtes Wasser getödtet werden. Wie nig zuverlässige Ergebnisse aber eine derartige Prüfung bot, besonders hl in Folge der Nichtberücksichtigung der Art und des Entwickelungsstandes der als Testobjecte benutzten Bacterien, geht am deutlichsten s einigen der übrigen, auf dieselbe Weise gewonnenen Resultaten her-r, nach denen z. B. auch „scharfes Trocknen" bei 40° C. Bacterien dten soll.

Bei Fox[3] und v. Gorup-Besanez[4] finden sich nur ganz kurze otizen ohne Angabe der Methode. Ersterer will in faulendem Wasser e meisten niederen Organismen, u. A. auch Schimmelpilzsporen und cterien, durch Ozon zerstört haben; Letzterer sagt nur: „Dass Hefe und weisshaltiges Emulsin von Ozon sehr energisch angegriffen werden, dan habe ich mich durch directe Versuche überzeugt." Ueber Versuche n Geissler und Stein[5] wird nur kurz nach einer mündlichen Aeusseng berichtet, dass in ozonhaltigem Wasser sich keine niederen Organsmen zu entwickeln vermochten und die vorhandenen getödtet wurden.

Eingehender berichten Grossmann und Meyerhausen[6] über ihre ntersuchungen mit animalischen und vegetabilischen Infusen. Von esen wurden geringe Mengen in Engelmann'sche Glaskammern gecht und die entwickelten Bacterien mikroskopisch beobachtet, während

[1] *Vierteljahrsschrift für ger. Medicin* u. s. w. 1878. Bd. XXIX. S. 287.

[2] *Quarterly Journ. of the Microsc. Soc.* Oct. 1871. — Cohn's *Beiträge zur ologie der Pflanzen.* Bd. I. Hft. 2. S. 194.

[3] A. a. O. S. 151 u. 163.

[4] *Annal. d. Chem. u. Pharm.* Bd. CX. S. 53.

[5] *Sitzungsberichte der Niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.* Bonn. nuar 1875. — Schmidt's *Jahrbücher.* 1875. 1. — *Botanische Jahresberichte.* . V. S. 88.

[6] Pflüger's *Archiv.* 1877. Bd. XV. S. 264.

durch die Kammern ein Strom von ozonisirtem reinen Sauerstoff geleit wurde. Hierbei wurde constatirt, dass schon nach wenigen Minuten d vorher sehr lebhaften Eigenbewegungen der Mikroorganismen aufhörte und es heisst nun weiter: „War einmal allgemeiner Stillstand eingetrete so erholten sich die Bacterien nie wieder, sie waren getödtet", und zu Schluss wird sogar versichert, dass das Ozon bei hinreichender Concentr tion die Bacterien in jedem Stadium ihrer Entwickelung fast augenblicl lich tödte.

Da jedoch schon ganz geringfügige Reize, nach Engelmann[1] z. I auch geringe Aenderungen der Sauerstoffspannung bei manchen Bacterien arten hemmend oder auslösend in Bezug auf die Eigenbewegungen wirke können, so ist das Verhalten der von Grossmann und Meyerhause beobachteten Bacterien nicht sehr auffällig und zwingt keineswegs zu Annahme der Vernichtung derselben.

Von Chappuis[2] wurden Baumwollenpfröpfchen, auf denen Luftstau gesammelt war, der Einwirkung ozonisirter Luft ausgesetzt und darau mit flüssiger Bierhefe in Berührung gebracht. Es trat selbst nach längere Zeit keine Trübung ein, wie es durch nicht ozonisirte staubhaltige Pfröp chen stets nach wenigen Tagen geschah; Chappuis schliesst daraus dass die in der Luft vorkommenden Keime, welche sich in der Bierhef entwickeln können, durch Ozon getödtet werden. Die Bestimmung de Bacterienarten fehlt auch hier wieder, immerhin aber ist das Ergebnis beachtenswerth.

Eingehende Untersuchungen an Gemischen saprophytischer Bacterie und anderen niederen Organismen beschreibt endlich Fischer[3] in seine unter O. Binz entstandenen Dissertation „Ueber die Einwirkung de Ozons auf Gährung und Fäulniss". Als Elektricitätsquelle benutzte Fische entweder mehrere constante Elemente, grössere Bunsen- oder Grove Elemente, oder auch eine oder zwei mit Chromsäuremischung gefüllt Tauchflaschen. Der hierdurch in der Ruhmkorff'schen Rolle bewirkt Inductionsstrom, welcher gewöhnlich Funken von 1 bis $1^1/_2$ cm Länge e zeugte, wurde zu stillen Entladungen im Kolbe'schen oder auch in de v. Babo'schen Apparat verwandt, und durch den letzteren mittelst Kau schukballons getrocknete atmosphärische Luft geblasen. Die ozonisirt Luft wurde dann in langsamem Strome theils in die Versuchsflüssigkeite theils auf die Oberfläche der Objecte geleitet. Fischer konnte zunächs nachweisen, dass die Gärung in einigen der betreffenden Lösungen b

[1] *Botanische Zeitung.* 1882. — Flügge, *Mikroorganismen.* S. 431 u. 453.

[2] *Bull. soc. chim.* t. XXXV. p. 290. Ref. in *Berichte der deutschen che Gesellschaft.* 1881. Bd. XIV. S. 1014.

[3] *Diss. med.* Bonn 1883.

hränkt war, da hier die Producte derselben, Essig oder Pepton, ver-ndert waren, und dass auch bei der Fäulniss eiweissreicher Stoffe hrfach eine merkliche Verminderung des Geruches und u. A. Spuren n Schwefel als Anzeichen einer directen Oxydation auftreten. Die koholische Hefegährung hingegen wurde kaum merklich beeinträch-chtigt, was gegenüber der erwähnten Angabe von Gorup-Besanez[1] chtung verdient. Ferner wurde durch directe mikroskopische Prüfung mittelt, dass u. A. im Harn und in Zuckerlösung lebende Bacterien e gewisse Beeinträchtigung ihres Wachsthums erfuhren — am ehesten ch, wenn die Flüssigkeitsmenge möglichst klein war. Fischer kommt der Schlussfolgerung, dass das Ozon zwar eine Verzögerung des Wachs-ums der Bacterien bewirke, aber keine Vernichtung derselben, dass es so zur Desinfection nicht verwendbar sei. Dennoch glaubt er aber auf e Möglichkeit hinweisen zu sollen, dass dem Ozon gegen diese oder ne pathogene Bacterienart eine Wirksamkeit zukomme, so vor Allem gen die Tuberkelbacillen, deren Verhalten zum Ozon eine eingehende rüfung verdiene.

Auch hier lassen nach meinem Dafürhalten die Resultate an Sicher-eit, wie an Bestimmtheit zu wünschen übrig. Die äusseren Erscheinungen ei der Gährung und Fäulniss sind, wie wir zum Theil schon oben sahen, r die Beurtheilung des Verhaltens der Bacterien nur in sehr be-hränktem Maasse verwerthbar; die einfache mikroskopische Untersuchung er Bacterien ist ungenau, letztere bilden in den benutzten Nährflüssig-eiten ein nach Art und Entwickelungszustand unbestimmbares Gemisch.

Die bis vor Kurzem einzigen Versuche, in denen es sich um patho-enes Material handelt, beziehen sich auf die zur Schutzpockenimpfung enutzte Lymphe und auf Infectionsmaterial von rotzkranken Thieren. chon im Jahre 1872 fand H. Eulenberg,[2] dass mit Glycerin im Ver-ältniss von 1 : 3 vermischte humanisirte Lymphe, in einem flachen chälchen ausgebreitet, wenn auf deren Oberfläche ein starker Ozon-rom geleitet wurde, zwar schon nach 6 Stunden deutlich abgeschwächt, er selbst nach 14 Stunden noch nicht gänzlich unwirksam geworden ar. Später wurde dann von Hoffmann[3] gezeigt, dass an Elfenbein-ateln angetrocknete Lymphe auch durch stark concentrirtes Ozon nicht erklich beeinträchtigt werde, während Chlorgas die Wirksamkeit der-lben in wenigen Secunden vernichte. Versuche an Rotzinfectionsstoff aben Bollinger und Wolffhügel[4] ausgeführt und den Desinfections-

[1] Siehe S. 17.

[2] *Vierteljahrsschrift für ger. Medicin.* Bd. XVII. S. 394, Anm.

[3] *Ebenda.* 1878. Bd. XXVIII. S. 374.

[4] A. a. O. S. 458.

erfolg durch Impfung von Thieren festzustellen gesucht, jedoch ein a schliessendes Urtheil damit nicht erzielt. Dagegen glaubt Ostapenk (Charkow, 1878) rotzige Excrete mit Ozon unwirksam gemacht zu habe

Erst in den letzten Jahren wurde wieder von zwei Seiten über ein gehendere Versuche berichtet, die zum Theil mit pathogenen Bacterie angestellt waren. Oerum[1] prüfte die Wirksamkeit eines in Dänema patentirten „Ozongenerators", in welchem durch Mischung von Kalium permanganat und Schwefelsäure und gleichzeitiges Eintauchen von Pho phor in die Flüssigkeit Ozon entwickelt werden soll, indem er über de durchlöcherten Deckel des Apparates ein Glasgefäss stülpte und unt diesem Culturen von Schimmel- und Sprosspilzen und von Bacterie (u. A. von Milzbrandbacillen), ferner Bacterien in eingetrocknetem Zu stande (Milzbrandsporen an Seidenfäden, Gartenerde u. s. w.) tagelan verweilen liess. Die von diesen Versuchsobjecten sodann angelegten Cu turen unterschieden sich in keinem Falle von den entsprechenden Contro culturen. Die hier in dem Glase zur Verwendung gekommene Ozonmeng soll übrigens nur „ca. 0·015%, und wenn ausnahmsweise zwei Phospho stücke angewandt wurden, ca. 0·03%" betragen haben. Aus dem m vorliegenden Referat ist nicht ersichtlich, wie diese Zahlen ermitte wurden; — fast scheint es, als ob dieselben auf einer Angabe des Li feranten der „Ozongeneratoren" beruhten.

Eine gewisse, wenn auch nur sehr geringe Einwirkung des Ozo auf verschiedene, besonders pathogene Bacterien will dagegen Wysso kowitsch[2] gefunden haben, wenn er Phosphor in kleinen, hufeisenförmi gebogenen Röhrchen auf den unteren Theil einer schiefen Agarfläche legt und auf den oberen Theil derselben die Bacterien einimpfte. Zum Nach weis des Ozons diente hier Wurster's Reagens. Es trat bei allen Bac terien deutliche Hemmung des Wachsthums ohne Aenderung der Patho genität ein; der Unterschied im Wachsthum gegenüber der Controlcultu glich sich jedoch fast immer aus, wenn die Ozonmenge abnahm. Nu bei einigen Arten von geringer Wachsthumsenergie, so bei Bac. murisep ticus, blieb die Entwickelung aus. Wyssokowitsch vermuthet, dass di so zu Tage getretene Wachthumshemmung durch Oxydation in der ober flächlichen Schicht hervorgerufen werde. Seine Ermittelungen sind nich eigentlich als Desinfectionsversuche anzusehen. Die Versuchsanordnun war selbst dafür nicht ausreichend, um die Frage der Beeinflussung de Bacterienwachsthums durch Ozon der Entscheidung näher zu führen, d

[1] *Ugeskrift for Läger*. 1887. Nr. 11 12. Ref. im *Centralblatt für Bacteri logie* u. s. w. 1887. Bd. II. Nr. 7. S. 202.

[2] Congress russ. Aerzte in Petersburg, Januar 1889. *Centralblatt für Bacteri logie* u. s. w. 1889. Bd. V. S. 715.

n Mittel zur Ozonerzeugung nicht ausschliesslich Ozon liefert[1] und sein agens nicht ausschliesslich Ozon anzeigt.[2]

Nach alledem geben auch die experimentellen Erfahrungen, welche Zeit bekannt sind, nichts weniger als sicheren Aufschluss über die ie, welche das Ozon den Trägern der Infection gegenüber zu spielen Stande ist.

Ausser den zahlreichen, im Einzelnen oben ausgeführten Bedenken gen die angewandten Methoden ist es der Mangel an Uebereinstimmung Ergebnisse, welcher ein sicheres Urtheil nicht aufkommen lässt. Ein ier nicht erwähnter Umstand aber verdient hier besonders hervorhoben zu werden, da er zum guten Theil als die Ursache für die Verniedenheit der Resultate anzusehen sein dürfte. M. v. Pettenkofer hat on vor Jahren mit Nachdruck darauf hingewiesen, dass alle Unterhungen über Desinfection mittelst chemischer Agentien nur Werth ben, wenn sie quantitativ ausgeführt sind, d. h. wenn nicht bloss die rkung, sondern daneben auch die Beschaffenheit und die Menge des sinfectionsmittels festgestellt wird. Für das Ozon ist jedoch diese Forung offenbar wegen Schwierigkeit sowohl in Bezug auf die Unterscheidung von dem activen Sauerstoff (O_1), von den Dauerformen des steren (H_2O_2, HNO_2) und anderen höheren Oxyden, als auch bezüglich Dosirung, bisher unerfüllt geblieben. Man begnügte sich meist mit, Reactionen anzuwenden, welche, wie die Bläuung des Schönn'schen Jodkaliumstärkepapiers, nicht ausschliesslich das Vorhandenn von Ozon anzeigen und zudem so empfindlich sind, dass sie zu einer amarischen Abschätzung der in der atmosphärischen Luft enthaltenen inimalen Mengen von Ozon und anderen Dauerformen des activen ierstoffs wohl dienen können, aber keinesfalls geeignet sind, über die nge des künstlich dargestellten Ozons Aufschluss zu geben. In Verhen mit letzterem kann auch die gelieferte Ozonmenge je nach Art Handhabung der Apparate eine ausserordentlich verschiedene sein, durch wieder den einzelnen Desinfectionsversuchen eine in Wahrheit gleiche Bedeutung zukommen wird.

Wenn wir nun auch nach den oben besprochenen Versuchsergebsen im Allgemeinen etwa den Eindruck gewinnen, dass das Ozon auf kroorganismen und Krankheitskeime keinesfalls eine sehr energische rkung äussere, so können wir doch auch dies nur mit einiger Zurücktung als erwiesen gelten lassen, da recht wohl in den betreffenden

[1] Vgl. E. Baumann, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.* 1883. XVI. S. 2146.

[2] C. Wurster, *Ebenda.* 1886. Bd. XIX. S. 3195.

Versuchen mit negativem Ergebniss die Menge des angewandten Ozo trotz maximaler Schönbein'scher oder Wurster'scher Reaction ebe sogut eine äusserst geringe wie eine erhebliche gewesen sein kann.

Immer aber kommen wir über die blossen Vermuthungen nic hinaus, und bis heute hat die Mahnung Wolffhügel's[1] ihre volle G tung behalten, die praktische Verwendung des Ozons erst einmal dur strenge experimentelle Prüfung zu rechtfertigen, da nur eine solche „v dem in der Ozonfrage heimischen Fehlschuss des 'post hoc ergo prop hoc' bewahren" könne.

Bei diesem Stande der Frage über die hygienische Bedeutung künstlich erzeugten Ozons dürfte eine Reihe von Untersuchungen v Interesse sein, welche ich auf Anregung und unter Leitung des Her Professor Dr. Wolffhügel im hygienischen Institute in Göttingen a geführt habe.

IV. Eigene Ermittelungen über die Desinfectionswirkung d Ozons in Gasform.

Die mir gestellte Aufgabe war vor Allem, zu bestimmen, welch Einfluss eine Luft oder eine Flüssigkeit von bestimmtem Ozongehalt die Entwickelungsfähigkeit und die Virulenz verschiedener als Krankhe erreger bekannter Bacterienarten ausübt. Zuerst richtete ich meine A merksamkeit auf die Wirkungen des Ozons im gasförmigen Zustan Ueber die Art der Herstellung desselben konnte der Hauptsache n kaum ein Zweifel obwalten. Es bedurfte kräftiger elektrischer Appar und reinen Sauerstoffgases zum Ozonisiren, um einmal sichere Gewähr bieten für die Fernhaltung aller Beimengungen, welche die Eindeutigl der Ergebnisse in Frage stellen könnten, und um ferner das Ozon h reichend concentrirt zu erhalten.

Ich füllte zunächst einen grossen Gasbehälter mit reinem Sauerst gase, welches ich durch Erhitzen von Kaliumchlorat erzeugte und du eine, zur Hälfte mit Kali- oder Natronlauge gefüllte Waschflasche leit Auf diese Weise war jeder Chlorgehalt des zu ozonisirenden Sauerst ausgeschlossen, wovon wir uns durch längeres Einleiten des letzteren Silbernitratlösung wiederholt überzeugt haben. Zur Ozonisirung des Sa stoffgases stand mir der nach Angaben von Werner Siemens[2] constru Apparat zur Verfügung.

Derselbe besteht bekanntlich aus zwei in einander geschobenen G röhren, von denen die weitere aussen, die engere innen mit Metallfo

[1] A. a. O. S. 453ff.

[2] Poggendorff's *Annalen*. Bd. CII. S. 120. — Vgl. Engler, a. a. O. S Abbildung Fig. 4 der Tafel.

gt ist, und zwischen denen ein mantelförmiger Raum zum Hindurchleiten Sauerstoffs frei bleibt. Werden nun diese beiden Metallbeläge mit den tenden eines kräftigen und von einem starken Strom in Thätigkeit ge- en Inductors verbunden, so finden zwischen ihnen, durch den mantel- igen Raum hindurch, stille Entladungen statt, welche einen Theil des befindlichen Sauerstoffs in Ozon überführen.

Zur Erzeugung des elektrischen Stromes für den Inductor bediente ich t anfangs eines oder zweier grosser Chromsäure-Tauchelemente, später rerer Elemente, besonders einer Batterie von vier kräftigen Bunsen- menten, zum Theil unter Zuhülfenahme einer anderen aus fünf grossen niell-Elementen bestehenden Batterie.

Für den Gasstrom benutzte ich als treibende Kraft einerseits den Druck Gasometers, andererseits eine am Ende der Leitung angebrachte Aspi- rflasche, welche ausserdem durch Messen des abfliessenden Wassers eine aue Dosirung der verbrauchten Gasmenge ermöglichte. Die luftdichte bindung der einzelnen Theile der Leitung war bis zum Ozonapparat lt auf die gewöhnliche Weise herzustellen. Da jenseits desselben aber zerstörenden Wirkung des Ozons auf Kautschukrohre, Korke u. dergl. hnung zu tragen war, so stellte ich hier die Verbindungen mittelst Glas- ren und Korkpfropfen (mit Siegellack überzogen und mit Vaseline gedichtet) r durch den von Engler und Nasse[1] angegebenen Quecksilberverschluss Letzterer ist von besonderem Vortheil bei complicirteren Versuchs- rdnungen, da er eine sehr leicht zu handhabende bewegliche Verbindung stellt; er ermöglichte es mir ausserdem, etwaige geringe Druckschwan- gen im Innern der Leitung an dem Steigen oder Fallen des Quecksilbers r der Glocke zu erkennen und durch Regelung der Gaszufuhr auszu- chen.

Bevor das Sauerstoffgas in den Ozonapparat gelangte, wurde es stets ch eine besondere Vorlage getrocknet, und zwar meist durch zwei U- nige Röhren, welche mit concentrirter Schwefelsäure getränkte Bimstein- ke enthielten. Da behufs stärkerer Ozonentwickelung bald auch die wendung einer Kühlvorrichtung nöthig wurde, welche an der Ozonröhre st nicht anzubringen war, so suchte ich mir später dadurch zu helfen, s ich die Trockenvorlage in eine Kältemischung von Eis und Kochsalz stellte, um so den Sauerstoff wenigstens vor seinem Eintritt in den Ozon- arat stark abzukühlen. Diese Anordnung erwies sich auch wirklich, wie ter unten gezeigt werden wird, als vortheilhaft.

Auf besondere Schwierigkeiten stiess ich gegenüber der Forderung, eigentliche Desinficiens, das Ozon, in bestimmter Stärke zur An- dung zu bringen. Der gewöhnliche Weg einer vorherigen Dosirung hier nicht gangbar, da man es nicht in der Hand hat, die Ozon- duction auch nur annähernd zu regeln. Es blieb nur übrig, die bei er bestimmten Versuchsanordnung zur Verwendung kommende Ozon- nge zu bestimmen, und zwar konnte dies so geschehen, dass ich ent-

[1] *Annalen der Chemie und Phys.* Bd. CLIV. S. 215. — C. Engler, a. a. O. 3 und Tafel Fig. 7.

weder nach dem Versuche unter genau gleichen Bedingungen und l derselben Anordnung das entstehende Ozon bestimmte oder dass ich wä rend des Versuchs das durch den Desinfectionsraum geleitete Gas c quantitativen Ozonanalyse unterwarf. Beide Methoden sind natürlich nic völlig genau, denn im ersteren Falle kann die Ozonentwickelung na dem Versuche immerhin eine etwas andere sein als während desselb im letzteren Falle aber ist das Ozon besonders durch die Berührung n den Versuchsobjecten offenbar zum Theil schon wieder zerstört. Nich destoweniger giebt dieses Vorgehen für unsere Ermittelungen eine a reichende annähernde Schätzung des Ozongehaltes und so gute Anhal punkte für die Beurtheilung der gestellten Frage, wie sie genauer bei c grossen Zersetzbarkeit des Ozons kaum zu erzielen sein dürften.

Die Messung des Ozons führte ich mittelst der schon von Baumer angewandten Methode aus.

Verfahren der Ozonmessung. Zur Bestimmung des Ozons die uns die durch dasselbe bewirkte Ausscheidung freien Jods aus einer J kaliumlösung, indem in dieser das frei gewordene Jod durch Titriren m Natriumthiosulfatlösung bestimmt und hieraus die Menge des Ozons dur Rechnung ermittelt wird. Es wurde also das ozonhaltige Gas durch ein mit ca. 25 ccm 5procentiger Jodkaliumlösung gefüllten Will-Varrentrap schen Kugelapparat geleitet, welcher statt der Versuchsröhren dem Oz apparat direct angefügt war. Der Durchtritt der Gasblasen wurde so regelt, dass zunächst derselbe mit der in den Desinfectionsversuchen an wandten Geschwindigkeit (in 20 Minuten ein Liter) erfolgte.

Von der völligen Zersetzung der ganzen Ozonmenge innerhalb d Kugelapparates überzeugte ich mich leicht durch Einbringen eines Streif Schönbein'schen Jodkaliumstärkepapiers zwischen jenen und den Aspirat Derselbe zeigte auch bei stärkster Ozonentwickelung niemals eine Spur v Färbung, wodurch sich die Anwesenheit selbst ganz minimaler Ozonmeng nothwendig hätte verrathen müssen. Die Gasmenge wurde genau gemes durch Einleiten des aus dem Aspirator abfliessenden Wassers in einen Me cylinder.

Nachdem so ein bestimmtes Quantum des ozonisirten Sauerstoffgas gewöhnlich ein Liter, bisweilen auch nur 500 ccm, hindurchgeleitet war, wu diese Probeentnahme eingestellt. Die durch die Ozonwirkung gelb oder grösserem Gehalte bräunlichroth gefärbte Lösung wurde alsdann aus d Kugelapparat unter mehrfachem Nachspülen mit destillirtem Wasser in ein Kolben gefüllt, mit Salzsäure angesäuert und der Titration mit $^1/_{100}$ Norm Natriumthiosulfatlösung unterworfen.[2]

Letztere wurde hergestellt, indem 2·48 grm reinen, zerriebenen u zwischen Fliesspapier gepressten Natriumthiosulfats in einem Literkoll

[1] Poggendorff's *Annalen*. Bd. LXXXIX. S. 38.
[2] Vgl. Schmidt, *Pharmaceut. Chemie*.

ist und die Lösung zur Marke aufgefüllt wurde. Die Umsetzung beim riren geschieht nach folgender Gleichung:

$$2\,J + 2\,(Na_2S_2O_3 + 5\,H_2O) = Na_2S_4O_6 + 2\,NaJ + 10\,H_2O.$$

Hiernach entsprechen:

$$496 \text{ Th. } (Na_2S_2O_3 + 5\,H_2O) = 254 \text{ Th. } J$$

^{ccm} der $^1/_{100}$ Normal-Natriumthiosulfatlösung mit $2{\cdot}48^{grm}$ $(Na_2S_2O_3 + 5\,H_2O)$ entsprechen $1{\cdot}27^{grm}$ J.

Die Ausführung geschieht wie folgt: Die in einen Kolben gefüllte jodige Lösung wird mit Salzsäure angesäuert, und nun zunächst aus einer ette $^1/_{100}$ Normalthiosulfatlösung bis zur blassgelben Färbung zugesetzt. n fügt nun etwas verdünnten Stärkekleister hinzu, welcher sofort die bnte tiefblaue Farbe durch Bildung von Jodstärke hervorruft. Bei weim tropfenweise erfolgendem Zusatz der Titerlösung tritt sodann ein arf begrenzter Zeitpunkt ein, wo das Verschwinden der blauen Färbung Bindung der letzten Spuren freien Jods zu Jodnatrium anzeigt.

Da nach obiger Gleichung 1^{ccm} der Thiosulfatlösung $1{\cdot}27^{mgrm}$ J entcht, so ist, wenn n^{ccm} zugesetzt waren, die zu ermittelnde Jodmenge $n \times 1{\cdot}27^{mgrm}$. Um hieraus die Menge des in der Jodkaliumlösung zur kung gekommenen Ozons zu berechnen, hat man nachstehende Gleichung die dort erfolgte Umsetzung zu berücksichtigen:

$$O_3 + 2\,KJ + H_2O = O_2 + 2\,KOH + J_2.$$

^{mgrm} J entsprechen also 48^{mgrm} O_3, und folglich die oben erhaltenen

$$n \times 1{\cdot}27^{mgrm}\,J = \frac{n \times 1{\cdot}27 \times 48}{254} = n \times 0{\cdot}24^{mgrm}\,O_3.$$

Da der Gehalt der Thiosulfatlösung jedoch bald abnimmt, ist es nöthig, selben in kurzen Zwischenräumen wieder durch ein besonderes Verfahren Neuem zu bestimmen, um den wirklichen Werth des Titers gegenüber der ursprünglichen Normallösung in Rechnung zu ziehen.

Man benutzt hierzu wegen ihrer guten Haltbarkeit eine Kaliumbichrolösung, welche so normirt ist, dass 1^{ccm} derselben bei Zusatz von wefelsäure aus einer Jodkaliumlösung genau so viel Jod abscheidet, wie ch 1^{ccm} der genau normirten Thiosulfatlösung gebunden wird. Dies chieht durch eine Lösung von $0{\cdot}4916^{grm}$ reinem, umkrystallisirtem und 100^0 getrocknetem Kaliumbichromat auf 1000^{ccm} Wasser. Behufs Einlung der Thiosulfatlösung bringt man genau 10^{ccm} dieser Kaliumbichrolösung in eine Kochflasche, fügt etwas Jodkalium und Schwefelsäure zu, lässt die Mischung verschlossen einige Minuten lang stehen und titrirt ausgeschiedene Jod mit der einzustellenden Natriumthiosulfatlösung in oben beschriebenen Weise. Sind hierzu nicht genau 10, sondern m^{ccm} letzteren erforderlich, so sind die nach obiger Berechnung gefundenen rthe für Jod und Ozon durch Hinzufügen des Factors 10/m zu reduciren.

Wir erhalten also:

$$n \times 1{\cdot}27 \times \frac{10}{m}^{mgrm}\,J = n \times 0{\cdot}24 \times \frac{10}{m}^{mgrm}\,O_3.$$

Bei Anordnung der Desinfectionsversuche war ich dara bedacht, die Bacterien stets in getrocknetem oder nur wenig befeuchtet Zustande dem Ozon auszusetzen, um einmal den möglichen Einfluss ein schützenden Flüssigkeitsschicht auszuschliessen, welchen Binz in Bez auf die Blutkörperchen in Betracht zieht und Fischer auch bei sein Bacterienversuchen beobachtet zu haben angiebt, und um ferner die B dingungen im Versuche den natürlichen Verhältnissen in der Luft inn halb und ausserhalb von Wohnräumen u. s. w. anzupassen.

Im Hinblick auf die schon betonte Möglichkeit, dass die von F und Wolffhügel beobachtete Thatsache, wonach Staub, wenn er org nische Stoffe enthält, der Luft ihren Ozongehalt entzieht, aber di Eigenschaft allmählich — nach erfolgter Oxydation seiner organisch Bestandtheile — einbüsst, lag es nahe, diese Wirkung der organisch Stoffe mit auf die im Staube reichlich vorhandenen Bacterien zu bezieh Ich versuchte mehrfach ein künstliches Gemisch aus keimfrei gemacht Staub und bestimmten Bacterien herzustellen und dasselbe, in Form ei leichten Beschlages auf Glaswandungen, der Ozonwirkung auszusetzen.

Zu diesem Zwecke wurde zunächst mit Hülfe des Sieb- und Schläm verfahrens möglichst feiner Staub aus einer Bodenprobe hergestellt, derse ausgeglüht und in kleinen Mengen in sterilisirte kleine Proberöhrchen üb geführt. Nun hob ich von dem Bacterienrasen einer mindestens 24 Stun bei höherer Brüttemperatur belassenen Kartoffelcultur grössere Partien mitt eines Platinspatels ab, führte sie in die Staubröhrchen ein und verrieb dort vermittelst eines Glasstabes mit dem Staube. Gewöhnlich misch sich die feuchten Bacterienmassen nicht sofort mit dem Staube, ich tro nete die Röhrchen daher im Exsiccator aus und suchte von Neuem e bessere Vertheilung zu bewirken.

Bei der Umständlichkeit der ganzen Zurüstung zu meinen Versuch welche in allen ihren Theilen grosse Sorgfalt erforderte, war ich oft du Störungen mancher Art zum Aufschieben des Versuches genöthigt. Sol Verzögerungen hatten zur Folge, dass von meinen Staubgemischen grosser Theil inzwischen unbrauchbar wurde, so dass der nicht unerh liche Zeitaufwand für ihre Herstellung umsonst war. Ich nahm mit Rü sicht hierauf nur noch die gegen längeres Austrocknen sehr widerstan fähigen Milzbrandsporen zu Staubgemischen.

Ausser letzteren verwandte ich Seidenfäden mit angetrocknet Material aus Aufschwemmungen von Reinculturen auf Kartoffeln oder Bouillonculturen.

Da die chemischen Wirkungen des Ozons bei Gegenwart von Feu tigkeit ungleich heftigere sind, so brachte ich ausser den trockenen P paraten in einem zweiten Behälter gewöhnlich noch feuchte Versuc objecte in den Ozonstrom.

Durch die ersten vorläufigen Versuche ermittelte ich zunächst, ob t meinem Ozonapparate bei einfacher Anordnung eine desinficirende irkung überhaupt zu erreichen sei.

Versuch 1.

Als bacteriologisches Testobject dienten in gewöhnlicher Weise her- ichtete kurze Seidenfäden mit angetrockneten Milzbrandsporen. Zur fnahme derselben benutzte ich an beiden Enden offene, etwa 10 cm ge Glasröhren von etwa 12 mm lichter Weite. In diese wurden kleine, den Fäden beladene Drahtbänkchen geschoben, sodass die Fäden von en Seiten dem durch die Röhren geleiteten Gasstrom frei zugänglich ren. Mittelst eines durch Siegellack geschützten Korkes wurde eine r Röhren direct dem Ozonapparat angefügt und hinter dieser mit Hülfe ier Glasrohr-Verbindung eine zweite angeschlossen, welche die Versuchs- len in befeuchtetem Zustande enthielt und ausserdem mit einigen Tropfen asser beschickt war. Eine dritte Röhre mit Milzbrandsporenfäden wurde r Controle zwischen den Trockenröhren und dem Ozonapparat ein- schaltet. Ein grösseres Chromsäure-Tauchelement lieferte den Strom r den Ruhmkorff'schen Inductor, welcher Funken von 1·5 cm Länge zeugte.

Es wurde an vier auf einander folgenden Tagen täglich 20 Minuten ng Sauerstoff ozonisirt und durch die Versuchsröhren hindurch geleitet, es geschah mit mässiger Geschwindigkeit, so dass jedesmal 1 bis /2 Liter Sauerstoff verbraucht wurden. Ein hinter der letzten Versuchs- hre eingeschobener Streifen Schönbein'schen Papiers zeigte stets schon mittelbar nach Beginn der Durchleitung des ozonisirten Sauerstoffs aximale Färbung und wurde dann gewöhnlich im weiteren Verlaufe der zonentwickelung und etwas mehr noch während des Stehens nach der- lben allmählich wieder entfärbt, welche Erscheinung auf eine Bildung n Jodsäure (in Folge der Einwirkung des Ozons auf das ausgeschiedene d) zurückzuführen sein mag (vgl. O. Binz). — Nach der letzten Ozon- twickelung und darauf folgendem Stehenlassen bis zum nächsten Tage urden aus jeder der drei Röhren einige von den Fäden herausgenommen d in verflüssigte Nährgelatine gebracht, welche ich sodann bei schräger ge der Röhrchen erstarren liess.

Das Resultat war ein völlig negatives. Sämmtliche dem Ozon sgesetzten Fäden zeigten genau wie die Controlfäden nach zweitägigem erweilen im Brütofen typisches Wachsthum.

Versuch 2.

Anordnung wie oben, nur wurden statt der sporenhaltigen Fäden lche eingelegt, an denen frischer Milzsaft einer an Anthrax verendeten

Maus, also völlig sporenfreies Material, angetrocknet war. Sowohl die de Ozonwirkung ausgesetzten Fäden als auch die Controlfäden zeigten ei beschränktes Wachsthum, was sich daraus erklärt, dass die Vegetations formen des Milzbrandes das Austrocknen nicht gut vertragen. Da auc nach viertägiger Einwirkung des Ozons noch einzelne der Fäden au beiden Versuchsröhren Wachsthum zeigten, so muss auch hier, wo e sich um weit weniger widerstandsfähige Keime handelt, das Ergebnis als negativ bezeichnet werden.

Versuch 3.

Um der Möglichkeit Rechnung zu tragen, dass in den vorigen Ver suchen die mit der Flüssigkeit in das Innere der Seidenfäden ein gedrungenen und dort mit den Fäden verklebten Bacterienmassen eine relativ guten Schutz gegen das gasförmige Desinficiens gefunden hätten der ihnen nicht gegeben ist, so lange sie als Bestandtheil des Staubes i der Luft schweben oder die Oberflächen von Gegenständen mit leichten Anflug bedecken, benutzte ich nun eine in der oben beschriebenen Weis hergestellte Mischung von Staub mit Milzbrandsporen. An Stelle de einfachen, an beiden Enden offenen Versuchsröhren traten jetzt Röhrchen wie sie Liborius zur Cultur von Anaëroben benutzte, in welchen durch eine seitlich angebrachte Oeffnung ein in diese eingeschmolzenes Glasroh bis fast auf den Boden reicht. Unter geeigneten Vorsichtsmassregeln brachte ich in zwei dieser Röhrchen eine kleine Menge des bacterien haltigen Staubes, stellte damit einen leichten Beschlag auf der Glaswandung her und entfernte den Ueberschuss wieder durch einfaches Umkehren de Röhrchen. Nun fügte ich bei horizontaler Lage der Röhrchen die weit obere Oeffnung eines derselben unmittelbar dem Ozonapparat an un leitete den Gasstrom durch das seitliche Rohr ab. Es wurde mithin ein dünnste Schicht bacterienhaltigen Staubes einer überall gleichmässige Berührung mit dem ozonisirten Sauerstoff ausgesetzt. Das zweite de Röhrchen wurde zur Controle wieder zwischen Trockenapparat und Ozon röhre eingeschaltet, im Uebrigen aber genau dieselbe Anordnung getroffe wie in Versuch 1 und 2.

Nachdem auch hier an vier auf einander folgenden Tagen j 20 Minuten lang Ozon entwickelt und durch das Röhrchen geleitet wa wurde in letzteres verflüssigte Nährgelative gegossen, der am Glase ha tende Staub möglichst vollständig mit derselben abgespült und die Gela tine dann in gewöhnlicher Weise auf einer Glasplatte ausgebreitet un zum Erstarren gebracht. Ebenso wurde mit dem Controlröhrchen ver fahren.

Auf beiden Platten wurden am nächstfolgenden Tage mehrere Milz-ndcolonieen sichtbar. Dass dieselben auf der Controlplatte etwas zahl-her waren als auf der Ozonplatte, kann wohl lediglich darauf bezogen rden, dass das Controlröhrchen augenscheinlich etwas stärker mit Staub schlagen gewesen war.

So war also auch unter diesen für die Einwirkung des Ozons mög-hst günstigen Umständen von einer desinficirenden Wirkung r zur Anwendung gekommenen Menge des Ozons nichts zu merken. Es muss hiernach zunächst diejenige Anschauung als un-bar bezeichnet werden, nach welcher krankheitserregende Keime dort nsfähig in der Luft nicht vorhanden sein können, wo dieselbe einen chlichen Ozongehalt aufweist. Ja selbst die Verwendung künstlich be-reten Ozongases, z. B. in geschlossenen Wohnräumen, muss schon nach bisherigen Versuchen von zweifelhaftem Werthe erscheinen, denn in em verhältnissmässig so grossen Raume, dazu bei Gegenwart so vieler Ozon begierig absorbirender Dinge, wird letzteres wohl kaum jemals solchen Mengen zu erhalten sein, als es hier selbst mit bescheidenen lfsmitteln in dem äusserst engen Versuchsraume anzuwenden möglich , in welchem die Milzbrandkeime fast die einzigen Ozon in Anspruch mmenden Dinge darstellten. Eins aber schienen auch diese Vorversuche der zu bestätigen, dass nämlich, entgegen der oft bethätigten An-auung, welche dem Ozon in jeder beliebigen Verdünnung mächtige rkungen zuschreiben wollte, auch hier die quantitative Seite der Frage t in Betracht zu ziehen ist.

Ich wandte mich daher zur Bestimmung der Menge des Ozons und ar zunächst bei der gleichen Anordnung wie in den bisher besprochenen rsuchen. Wie dort jedesmal bei Beginn des Versuches wurde das romsäure-Element frisch gefüllt und in derselben Weise wie bei den Des-fectionsversuchen Ozon entwickelt. Die Messung des Ozons führte ich telst des oben beschriebenen Verfahrens aus.

Es ergab sich, dass bei der gleichen Anordnung wie in den Ver-chen 1 bis 3, und wenn, wie dort, in 20 Minuten ein Liter Sauerstoff rch den Ozonapparat geleitet wurde, in der Jodkali-Vorlage eine Jod-nge abgeschieden wurde, welche zum Titriren $4 \cdot 8$ ccm $Na_2S_2O_3$-Lösung rderte. Der Titerwerth (m) der letzteren betrug $10 \cdot 3$ ccm, die gelieferte onmenge demnach im Liter $\frac{4 \cdot 8 \times 0 \cdot 24}{1 \cdot 03} = 1 \cdot 12$ mgrm Ozon oder $0 \cdot 052$ Vol.-ocent.

Aus den bisher beschriebenen Versuchen geht sonach her-r, dass eine Luft, welche im Liter etwa 1 mgrm (= 0·05 Vol.-c.) Ozon enthält, selbst unter den günstigsten Umständen

weder die Sporen noch die vegetativen Formen des Milzbrandbacillus zu vernichten im Stande ist.

Um nun womöglich denjenigen Ozongehalt zu ermitteln, bei welcher eine desinficirende Wirkung eintritt, suchte ich jetzt die Leistungsfähigkeit des Entwickelungsapparates zu steigern. Eine Reihe vergleichender quantitativer Bestimmungen, welche ich unter theilweiser Abänderung der früheren Versuchsanordnung nach der oben beschriebenen Methode ausführte, zeigte mir, dass einmal die Verstärkung und Beständigkeit der Elektricitätsquelle, dann die Abkühlung des zu ozonisirenden Sauerstoffs und endlich dessen verlangsamte Durchleitung durch den Apparat geeignet sind, die Ozonlieferung ganz beträchtlich zu verstärken. Am ausgiebigsten fand ich dieselbe, als der Inductor, durch eine Batterie von vier kräftigen Bunsen-Elementen bedient, die Trockenvorlage durch eine Eis-Kochsalzmischung gekühlt wurde und die Geschwindigkeit des Gasstromes nur $^1/_2$ bis 1 Liter in der Stunde betrug; unter diesen Bedingungen erhielt ich einige Male gegen 11 ^{mgrm} Ozon im Liter.

Da auf diese Weise die Vorbereitungen zu jedem einzelnen Versuche recht umständlich und zeitraubend wurden, häufige Wiederholungen als unthunlich erschienen, suchte ich durch gleichzeitige Verwendung verschiedenartiger Versuchsobjecte zu mannigfaltigeren Ergebnissen zu gelangen. Statt der Röhren, welche bisher zur Aufnahme der Milzbrandpräparate gedient hatten, wurden doppelt tubulirte, 2·8 Liter fassende Glasglocken, welche Raum für eine Reihe über einander geschichteter Glasbänke boten, in den Apparat eingeschaltet.

Diese Glocken hatten, behufs Herstellung eines luftdichten Abschlusses in ihrer Unterlage, einer dicken Glasscheibe, einen zu ihrem Rande passenden, eingeschliffenen Falz; als Verdichtungsmaterial diente Vaselin. Die Zufuhr des ozonisirten Sauerstoffs liess ich nahe dem unteren Rande der Glocken, die Ableitung durch die Oeffnung in der Kuppe erfolgen. So war bei langsamem Zuströmen des schweren ozonhaltigen Sauerstoffgases am ehesten eine gleichmässige Anfüllung des erweiterten Versuchsraumes mit demselben zu erwarten.

Die in gewöhnlicher Weise mit Hülfe zwischengelegter Glasbänke über einander geschichteten Platten trugen als Versuchsobjecte einmal den in sehr dünner Schicht ausgebreiteten bacterienhaltigen Staub (s. oben), ferner Seidenfäden mit angetrocknetem Material aus Reinculturen verschiedener Bacterienarten, dann in möglichst dünner Schicht ausgebreitete Gartenerde und endlich tuberculöses Infectionsmaterial. Letzteres, welches aus käsig-pneumonischen Herden einer menschlichen Lunge stammte, erwies sich leider hinterher — trotz des Vorhandenseins zahlreicher g

rbbarer Bacillen im mikroskopischen Präparat — als ein ungeeignetes estobject; von den Impfungen an Kaninchen (in die vordere Augenmmer) waren die zur Controle gemachten ebenso wirkungslos wie diejenigen, bei welchen das mit Ozon behandelte Material in Anwendung kommen war.

Von Gartenerde wurden zwei Sorten benutzt, deren eine (I) als beanders reich an Tetanuserregern bekannt war, während ich die zweite I) von einer beliebigen Stelle entnommen hatte. Doch zeigte sich auch ie letztere Probe, zum Theil in Folge zufälliger Verunreinigung, stark ntermischt mit infectiösen Keimen, da mit derselben geimpfte Mäuse eils an Tetanus, theils an malignem Oedem und vereinzelt sogar auch n Milzbrand zu Grunde gingen.

Versuch 4.

Der Inductor wird durch vier Bunsen-Elemente in Thätigkeit gesetzt nd die aus zwei U-förmigen Röhren mit Schwefelsäure-Bimstein beehende Trockenvorlage in eine Eis-Kochsalzmischung eingestellt. Von den locken, welche die Testobjecte enthalten, ist eine zur Controle zwischen rockenröhren und Ozonapparat eingeschaltet, eine zweite dem letzteren ngefügt. Das aus der zweiten Glocke entweichende Gas passirt auf dem Vege zur Aspiratorflasche die oben beschriebene Jodkaliumvorlage, deren ahalt von Zeit zu Zeit behufs Bestimmung der ausgeschiedenen Jodmenge entleert und erneuert wird. Der allmählich zunehmende Ozonehalt im Versuchsraume ergiebt sich aus folgender Uebersicht.

r.	Volum des durchgeleiteten Gases	Zeit, in welcher dasselbe durchgeleitet wurde	Ozongehalt des aus der Versuchsglocke abgeleiteten Gases
1	2 Liter	2 Stunden	0·48 mgrm i. L.
2	1 „	2 „	2·37 „ „
3	1/2 „	1 Stunde	4·1 „ „

Nach Durchleitung von 3·5 Liter Sauerstoff in einem Zeitraume von inf Stunden und bei einem zuletzt erreichten Ozongehalt von 4·1 mgrm n Liter wurde nun der elektrische Apparat ausser Thätigkeit gesetzt und as Glockeninnere luftdicht abgeschlossen. Am folgenden Tage wurden ie Testobjecte aus beiden Glocken zu den Impfungen und Culturen entommen, deren Ergebnisse in nachfolgender Tabelle niedergelegt sind.

Nr.	Testobjecte	Resultate von Impfungen und Culturen: Controle	Ozonversuch
1	Milzbrandsporen enthaltender Staub.	Auf der mit Gelatine übergossenen Platte zahlreiche Milzbrandcolonieen.	Ebenfalls zahlreiche Colonieen.
2	Milzbrandsporen, an Seidenfäden angetrocknet.	Eine geimpfte Maus stirbt am folgenden Tage an Milzbrand. In Gelatine üppiges Wachsthum.	Maus stirbt am folgenden Tage.
3	Frischer Milzsaft von einer an Milzbrand verendeten Maus, an Seidenfäden angetrocknet.	Geimpfte Maus stirbt nach 4 Tagen an Milzbrand.	Maus bleibt am Leben.
4	Bacillus pneumoniae Friedlaenderi an Seidenfäden.	In Gelatineröhrchen üppiges Wachsthum.	Ueppiges Wachsthum.
5	Staphylococcus pyogen. aur. an Seidenfäden.	„	„
6	Staphylococcus pyogen. alb. an Seidenfäden.	„	„
7	Bacillus crassus sputigenus an Seidenfäden.	„	„
8	Bacillus murisepticus an Seidenfäden.	Geimpfte Maus bleibt am Leben.	Maus stirbt nach 7 Tagen an Mäusesepticämie.
9	Gartenerde I.	Geimpfte Maus stirbt nach 7 Tagen an Tetanus.	Maus bleibt am Leben.
10	Gartenerde II.	Von 2 geimpften Mäusen stirbt eine an mal. Oedem, eine an Tetanus.	Von 2 geimpften Mäusen stirbt eine an mal. Oedem, eine an Milzbrand.

Bei 24stündigem Verweilen der Bacterien in einer trockenen Sauerstoffatmosphäre, welche im Liter $4 \cdot 1^{\text{mgrm}} = 0 \cdot 19$ Vol.-Procent Ozon enthielt, hatte letzteres also einen zweifellosen Einfluss auf die Entwickelungsfähigkeit und die Virulenz der geprüften Bacterienarten noch nicht auszuüben vermocht. Die Vegetationsformen des Milzbrandes (3) waren wohl schon durch das einfache Austrocknen geschädigt, wofür auch der verzögerte Erfolg der Controlimpfung spricht. Hingegen beweist das Verhalten der — ebenfalls wenig widerstandsfähigen und schon durch das Trocknen beeinträchtigten — Mäusesepticämiebacillen mit Sicherheit, dass hier das Ozon nicht desinficirend einwirkte.

Versuch 5.

Hinter der Glasglocke, welche im vorigen Versuche die der Ozonwirkung auszusetzenden Bacterien enthielt, wurde jetzt noch eine andere von gleicher Grösse eingeschaltet, in welcher Testobjecte — Seidenfäden mit anhaftendem Material aus Culturaufschwemmungen und Gartenerde —

feuchtem Zustande untergebracht wurden; um die Feuchtigkeit zu erhalten, war nasses Filtrirpapier eingelegt. Die mit den zur Controle bestimmten Testobjecten beschickte Glocke wurde dagegen aus der Gasleitung mit Rücksicht darauf ausgeschaltet, dass das in der Trockenvorlage getrocknete Gas beim Passiren dieser Glocke wieder erwärmt, also zum Ozonisiren weniger geeignet werden musste. Da nachgewiesenermassen das reine Sauerstoffgas auf die Entwickelungsfähigkeit der Bacterien keinen Einfluss ausübt, durfte im Weiteren davon abgesehen werden, die Controlversuchsobjecte während des Versuchs im Sauerstoffstrom zu halten.

Bei einer Anordnung, welche im Uebrigen mit derjenigen des vorigen Versuches übereinstimmte, wurde nun der Inductor in Thätigkeit gesetzt, so dass während 7 Stunden etwa 8 Liter Sauerstoff ozonisirt und durch die Glocken geführt wurden. Noch gegen Ablauf dieser Versuchszeit war der Ozongehalt des aus der zweiten Glocke abgeleiteten Gases auffallend gering, $1 \cdot 13^{\text{mgrm}}$ im Liter. Ich suchte die Ursache hierfür zunächst in Störungen, welche sich in der Batterie und am Inductor geltend gemacht haben konnten, und leitete daher am folgenden Tage nach Beseitigung der vermeintlichen Mängel noch einmal während 6 Stunden 7 Liter des ozonisirten Gases durch die Versuchsglocken. Das aus den letzteren geleitete Gas enthielt jedoch auch jetzt in dem letzten der 7 Liter nur $\cdot 1^{\text{mgrm}}$ Ozon ($= 0 \cdot 051$ Vol.-Procent). Damit war mir die Vermuthung nahe gelegt, dass das Ozon zu einem erheblichen Theile in der zweiten Glocke durch Berührung mit den feucht gehaltenen Materialien zerstört wurde.

Ich fand dieselbe bestätigt, als ich jetzt nach Ausschaltung der beiden Glocken die Jodkaliumvorlage unmittelbar dem Ozonerzeuger anfügte. Hier ergab sich ein Ozongehalt von $3 \cdot 66^{\text{mgrm}}$ im Liter $= 0 \cdot 17$ Vol.-Procent. In den ersten sechs aus der zweiten Glocke abgeleiteten Litern waren aber insgesammt nur $4 \cdot 72^{\text{mgrm}}$ Ozon gefunden worden, während annähernd $6 \times 3 \cdot 66 = 21 \cdot 96^{\text{mgrm}}$ Ozon beiden Glocken zugeführt sein mussten; folglich hätten in dem von diesen umschlossenen (5·6 Liter grossen) Raume noch $17 \cdot 24^{\text{mgrm}}$, also im Liter $3 \cdot 07^{\text{mgrm}}$ Ozon vorhanden sein müssen. Es waren demnach fast zwei Drittel der Ozonmenge auf dem Wege durch die beiden Glocken zu Verlust gegangen. Dass dies hauptsächlich in der zweiten Glocke geschehen und durch die Gegenwart von Feuchtigkeit veranlasst war, ergiebt sich mit Wahrscheinlichkeit aus dem Vergleich mit der im vorigen Versuch erhaltenen Ozonmenge ($4 \cdot 1^{\text{mgrm}}$ im Liter des aus der trocken gehaltenen Glocke abgeleiteten Gases). Leider ist dort die entsprechende Gegenprobe nicht gemacht worden.

Die luftdicht abgeschlossenen Glocken blieben wieder bis zum folgenden Tage stehen. Von den als Testobjecte benutzten Bacterienformen waren mehrere — wohl in Folge der Verzögerung — in ihrer Entwickelungsfähigkeit geschädigt, wie sich aus der Controlprüfung ergab. Verwerthbar sind jedoch die folgenden Ergebnisse.

Nummer	Versuchsobjecte	Resultate der Impfungen und Culturen		
		Controle	Ozonversuch: trocken	feucht
1	Milzbrandsporenhaltiger Staub.	Auf Agarplatte zahlreiche Colon.	Ebenso zahlreiches Wachsthum.	—
2	Milzbrandsporen an Seidenfäden.	Im Agarröhrchen üppiges Wachsth.	Desgl. üppiges Wachsthum.	Desgl. üppiges Wachsthum.
3	Frischer Milzsaft einer an Milzbrand verendeten Maus an Seidenfäden.	Kein Wachsthum.	Spärliches Wachsth.	Kein Wachsthum.
4	Staph. pyogen. aur. an Seidenfäden.	„	Kein Wachsthum.	Spärliches Wachsth
5	Gartenerde I (möglichst dünne Schicht).	Vgl. Versuch 4.	Geimpfte Maus stirbt nach 5 Tagen an Tetanus.	Geimpfte Maus stirbt nach 3 Tagen an Tetanus.
6	Gartenerde II (möglichst dünne Schicht).		Desgl.	Geimpfte Maus stirbt nach 3 Tagen an Milzbrand unter gleichzeitigen tetanischen Erscheingn

Von einer Einwirkung des Ozons ist auch hier in keinem Falle etwas zu erkennen. Also auch bei Gegenwart von Feuchtigkeit lies eine Atmosphäre mit dem anfänglichen Ozongehalt von 3 ^{mgrm} im Liter = 0·14 Vol.-Procent die Bacterien augenscheinlich gänzlich unbehelligt.

Versuch 6.

Um grössere Ozonmengen noch einmal in derselben Weise prüfen zu können, wie im vorigen Versuch, war ich vor Allem bestrebt, den begünstigenden Einfluss der Kälte auf die Ozonlieferung wirksamer zu gestalten, als dies bei Anwendung des bisher benutzten Ozonerzeugers möglich war. Ein durch die Güte des Herrn Professor Victor Meyer mir vom chemischen Universitätslaboratorium bereitwilligst zur Verfügung gestellte Apparat war für diesen Zweck günstiger construirt. Derselbe war von ungefähr gleicher Grösse und bestand wie jener aus den Siemens'schen in einander geschobenen Glasröhren mit Metallbelag, nur waren dieselben senkrecht in einem mit Fuss versehenen Glascylinder angebracht; die

r dadurch ermöglicht, dass die zur Ableitung des ozonisirten Gases
stimmte verjüngte Glasröhre — ähnlich wie das Ausflussrohr einer
y-Lussac'schen Bürette — umgebogen war und neben den Ozon-
ren her nach oben lief. So konnte ich den Ozonapparat selbst in eine
ltemischung einstellen und besser als bisher verhindern, dass dem in
Trockenröhren stark gekühlten Sauerstoff wieder Wärme zugeführt
rde. Behufs sorgfältigeren Trocknens wurde das Gas zunächst durch
ei hohe, mit concentrirter Schwefelsäure gefüllte Waschflaschen und
auf noch durch zwei mit Chlorcalciumstückchen gefüllte U-förmige
hren geleitet. In letzteren war es wie in dem Ozonapparat von der
ltemischung (Eis-Chlorcalcium) umgeben, deren Temperatur sich zwischen
— 15° und — 23° C. hielt. Ferner wurde die aus vier Elementen be-
hende Bunsen-Batterie noch durch fünf grosse Daniell'sche Ele-
nte verstärkt, und endlich die grossen Versuchsglocken durch kleinere
n nur 700 ccm Rauminhalt ersetzt. Im Uebrigen blieb die Anordnung
eselbe wie im vorigen Versuch.

Nachdem der elektrische Apparat in Thätigkeit gesetzt war, wurde
n möglichst gleichmässig langsamer Sauerstoffstrom während $5^1/_2$ Stunden
rch das Gasleitungssystem geführt, so dass in dieser Zeit drei Liter
asser aus der Aspiratorflasche austraten. Das letzte Liter des aus der
eiten Versuchsglocke abgeleiteten Gases enthielt zufolge der Messung
s in der Jodkaliumvorlage abgeschiedenen Jods 5·83 mgrm Ozon = 0·27
ol.-Procent. In dem gleich darauf aus dem Ozonerzeuger unmittelbar
die Jodkaliumlösung übergeleiteten Gase wurde jetzt ein Ozongehalt
n 13·53 mgrm im Liter = 0·63 Vol.-Procent nachgewiesen. Da auch
esmal mit den ersten beiden Litern nur wenig Ozon aus den Glocken
geleitet war, so ergiebt sich wiederum, wie im vorigen Versuch, ein
ehr als die Hälfte der ursprünglichen Menge betragender Verlust
Ozon.

Die aus dem Gasstrom ausgeschalteten Versuchsglocken blieben bis
m folgenden Tage abgeschlossen stehen. Dann wurden ihnen die Test-
jecte entnommen und zugleich mit den in anderen Behältern trocken
nd feucht aufbewahrten Controlobjecten von derselben Herkunft zu
npfungen oder Culturen (Röhrchen mit schräg erstarrtem Agar bei
mmertemperatur) verwandt, deren Ergebnisse nachstehende Tafel (S. 36)
thält.

Das hier zur Verwendung gekommene Gas mit dem Ozon-
ehalt von anfänglich 13·53 mgrm (und nach der Einwirkung auf
e unter den Glocken neben den Mikrobien ihm ausgesetzten
rganischen Stoffe noch von 5·83 mgrm im Liter) stellt nach den

Nummer	Versuchsobjecte	Resultate von Impfungen und Culturen		
		Controle (trocken u. feucht)	Ozonversuch	
			trocken	feucht
1	Milzbrandsporen an Seidenfäden.	Nach 3 Tagen üppig. Wachsthum.	Nach 4 Tagen spärliches Wachsth.	Kein Wachsthum
2	Staph. pyogen. alb. an Seidenfäden.	Nach 4 Tagen reichl. Wachsthum.	Kein Wachsthum.	„
3	Gartenerde I.	Vergl. Versuch 4.	Geimpfte Maus bleibt am Leben.	Geimpfte Maus stirbt nach 2 Tage an malign. Oeden
4	Gartenerde II.	„	2 geimpfte Mäuse bleiben am Leben.	Geimpfte Maus stirbt nach 6 Tage an Tetanus.

obigen Ergebnissen offenbar denjenigen Concentrationsgra des Ozons dar, bei welchem eine bacterientödtende Wirkun des letzteren eben sich zu zeigen beginnt, ohne jedoch scho sicher in jedem Falle einzutreten. Die Culturversuche mit Milz brandsporen und weissen Eiterkokken (welche in allen Theilen doppelt aus geführt wurden) ergaben deren völlige Abtödtung bei Gegenwart vo Feuchtigkeit, während im trockenen Zustande zwar die Eiterkokken ver nichtet waren, die Milzbrandsporen aber nur eine beschränkte Einbuss an ihrer Entwickelungsfähigkeit erfahren hatten, da ein makroskopisc erkennbares Wachsthum nur ein wenig später und nicht so reichlich auf trat wie im Controlversuch. Vielleicht waren hier lediglich die oberfläch lich den Seidenfäden anhaftenden Sporen getödtet worden und die in de tieferen Schichten geschützter liegenden entwickelungsfähig geblieben.

Die mit der Gartenerde erhaltenen Resultate könnten auffällig er scheinen, da mit der feucht gehaltenen Probe die Infection gelang, mi der trockenen dagegen nicht. Dass die Erfolglosigkeit der Impfungen mi der trockenen Erdprobe nicht auf die Einwirkung des Ozons, sondern au ein zufälliges Fehlen der Keime in den betreffenden drei Fällen zurück zuführen sei, ist gegenüber dem Resultat sämmtlicher früheren Impfunge mit Gartenerde nicht eben wahrscheinlich, wenn auch nicht unmöglic (von zehn im Ganzen ausgeführten Impfungen schlug nur eine mit Garten erde I fehl), und das zu allen Versuchen benutzte Erdmaterial war durc Schütteln und Umrühren zu einem möglichst gleichartigen gemach worden. Hinsichtlich der feucht gehaltenen Erdproben aber ist zu be merken, dass dieselben auf den Glasplatten einen kaum mehr als papier dünnen, jedoch ziemlich dichten lehmartigen Ueberzug gebildet hatte Dieser Zustand des Testobjectes ist möglicher Weise daran schuld gewese dass die Desinfectionswirkung hier, im Gegensatz zu den trocken ge

gealtenen Erdproben, ausgeblieben ist. Vielleicht hat das Ozon eben nur eine dichte, lehmige Auflagerung, in der die Bacterien eingebettet waren, nicht hinreichend zu durchdringen vermocht. Seit den Untersuchungen von R. Koch und G. Wolffhügel über den Desinfectionswerth der schwefligen Säure weiss man, wie wenig leicht gasförmige Desinfectionsmittel die Gegenstände durchdringen.[1]

V. Praktische Verwendbarkeit des gasförmigen Ozons.

Ist nun einerseits durch den letzten Versuch dargethan, dass Ozongas allerdings bacterienfeindliche Wirkungen äussern kann, so erscheint andererseits die Frage der praktischen Verwendbarkeit desselben als Desinficiens nunmehr in einem Lichte, welches ihre bündige Beantwortung, und zwar in entschieden verneinendem Sinne, ermöglicht. Schon dass eine erkennbare — aber immer noch unsichere — desinficirende Wirkung des Ozons erst bei einem so starken Concentrationsgrade eintrat, wie er nur mit aussergewöhnlichen Hülfsmitteln erzielt werden konnte, dürfte seine Unbrauchbarkeit zur Genüge beweisen. Denn selbst wenn es möglich wäre, die erforderlichen ungeheuren Mengen des Gases zu Desinfectionszwecken in der Praxis zu beschaffen, so könnte man dasselbe doch seiner heftigen zerstörenden Wirkungen wegen sicher nicht mehr verwenden.

Auch die therapeutische Ausnutzung seiner antibacteriellen Eigenschaften wäre schon aus diesem Grunde unmöglich. Ferner ist hervorzuheben, dass auch die hohe Zersetzlichkeit des Ozons, welche in den letzten beiden Versuchen bei Gegenwart feuchter oxydirender Körper selbst bei fortdauernder Entwickelung desselben sofort eine Verringerung seiner Menge bis unter die Hälfte des ursprünglichen Ozongehaltes bedingte, die gleichmässige Anfüllung eines grösseren Raumes, z. B. eines Wohnzimmers, mit einer Luft von hinreichendem Ozongehalt zur völligen Unmöglichkeit machen muss. Endlich kommt noch in Betracht, dass aus dem letzten Versuch im günstigsten Falle nur die Vernichtung der ganz oberflächlich den Gegenständen anhaftenden und — wenn man will — auch der frei in der Luft schwebenden Bacterien gefolgert werden kann, während dieselben im Uebrigen sowohl in den trockenen Seidenfäden wie in der dünnen feuchten Erdschicht entwickelungsfähig, bezw. infectionstüchtig geblieben waren. Dass eine derartige, auf die Luft und die zugänglichsten Oberflächen sich beschränkende Desinfection, wenn wirklich erreichbar, doch ohne jeden praktischen Werth ist, liegt wiederum auf der Hand.

[1] Vgl. *Mittheilungen a. d. Kaiserl. Gesundheitsaml.* Berlin 1881. S. 234 u. 188.

Somit dürfte fernerhin über alle Bemühungen, welche dahin gehen, die schädigende Wirkung des gasförmigen Ozons auf pathogene Bacterien für die Therapie oder für prophylaktische Desinfection zu verwerthen, ohne Weiteres der Stab zu brechen sein.

VI. Untersuchungen über Lender'sches Ozonwasser.

a) Chemische Prüfung.

Das Ozonwasser, welches in zwei verschiedenen Concentrationen (7·5 ^{dgrm} im Liter und 2·5 ^{dgrm} im Liter nach Angabe des Verkäufers) frisch aus der Fabrik bezogen war und seit seiner Ankunft in der uneröffneten Kiste und bei vollkommen unversehrter Verpackung der Flaschen im Keller gestanden hatte, wurde zunächst einer qualitativen Analyse unterworfen. Beim Entfernen des Glasstöpsels fiel sofort der intensive Geruch der — übrigens wasserklaren — Flüssigkeit auf, welcher freilich mehr an Chlor als an Ozon erinnerte. Die Reaction war neutral, Lackmuspapierstreifen wurden allmählich entfärbt.

Die gewöhnlichen Reactionen auf Ozon, welche jedoch dieses nicht ausschliesslich anzeigen, konnten mit dem „Ozonwasser" leicht hervorgerufen werden. So wurde das Schönbein'sche Jodkaliumstärkepapier intensiv gebläut, auch Guajactinctur blau gefärbt, eine stark verdünnte Indigolösung merklich entfärbt, Mangansulfatpapier gebräunt. In Wurster's „Tetrapapier" erzeugte ein Tröpfchen des „Ozonwassers" einen deutlichen blauvioletten Fleck. Endlich wurde durch das als Reagens auf salpetrige Säure herangezogene Metaphenylendiamin in der stärkeren Sorte „Ozonwasser" eine intensive, in der weniger concentrirten eine schwache rosarothe Färbung hervorgerufen, wie sie aber in ganz ähnlicher Weise auch mit Chlorwasser und einer Lösung unterchloriger Säure erzielt wurde.

Zum sicheren Nachweis des Ozons diente sodann einmal das Reagenspapier nach Houzeau, ein Papierstreifen, der mit Jodkalium enthaltender neutraler Lackmuslösung getränkt war, und ausserdem die Probe mit reinem Silberblech. Die deutliche Blaufärbung, welche durch das Ozonwasser in dem Houzeau'schen Papier erzeugt wurde,[1] und das Auftreten eines schwarzbraunen Ueberzuges von Silbersuperoxyd auf dem mit Ozonwasser in Berührung gebrachten Silberblech dürften beweisen, dass überhaupt Ozon vorhanden war.

Zur Prüfung auf Wasserstoffsuperoxyd diente neben dem Verhalten gegenüber Manganverbindungen — Mangansulfat (s. oben) wurde in

[1] Vgl. Engler, *Historisch-kritische Studien.* S. 40.

Mangansuperoxyd übergeführt, Kaliumhypermanganat nicht reducirt — besonders folgende Reaction. Einige Cubikcentimeter „Ozonwasser" wurden in einem Reagensglase mit einem Tropfen verdünnter Kaliumbichromatlösung und einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure versetzt und mit etwas Aether geschüttelt. Eine Blaufärbung des Aethers — wie sie bei Gegenwart von H_2O_2 eintreten müsste — war nicht zu erkennen.

Das Vorhandensein salpetriger Säure konnte durch die Reaction mit Metaphenylendiamin (vgl. oben) nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Bezüglich der Frage nach der Gegenwart von Chlor und unterchlorige Säure, welche durch den offenbar chlorähnlichen Geruch besonders nahe gelegt war, konnte jedoch eine sichere Entscheidung nicht getroffen werden. Zunächst ergab die bekannte Silbernitratprobe eine deutliche weisse Trübung, welche auf Ammoniakzusatz verschwand und durch Salpetersäure wieder hergestellt wurde. Da nach Lender, welcher sich hierbei auf Untersuchungen von Carius[1] beruft, dieser weisse Niederschlag lediglich auf der Gegenwart von Kalium- und Natriumchlorid beruhen soll, welches aus dem atmosphärischen Staube stamme und zufällige Verunreinigungen darstelle, so wurde nun eine Probe des Ozonwassers durch längeres Kochen von allen Gasen befreit und wieder mit Silbernitratlösung versetzt. Es trat wiederum eine deutliche weisse Trübung ein. Hiernach wäre der Gehalt des Ozonwassers an nicht flüchtigen Chlorverbindungen zuzugeben, während freies Chlor und unterchlorige Säure immerhin ebenfalls vorhanden sein könnten. Gegen das Vorhandensein erheblicher Mengen der Säure würde die neutrale Reaction des Ozonwassers sprechen, deren Deutlichkeit freilich durch die allmählich eintretende Entfärbung des Lackmuspapieres beeinträchtigt wurde. Das bei meinen Gasversuchen zum Vergleiche wiederholt hergestellte Ozonwasser, das durch längeres Einleiten von ozonhaltigem Sauerstoff in destillirtes Wasser zubereitet wurde, blieb auf Zusatz von Silbernitratlösung vollkommen klar.

Zur quantitativen Prüfung versetzte ich endlich ein abgemessenes Volum von jeder Sorte des Ozonwassers mit Jodkaliumlösung und titrirte nach schwachem Ansäuern mit Salzsäure das ausgeschiedene Jod in der früher beschriebenen Weise mit $^1/_{100}$ Normal-Natriumthiosulfatlösung. Leider berechtigt der qualitative Befund uns nicht zu der Annahme, dass hier die Jodausscheidung lediglich durch Ozon bewirkt sei. Würde aber thatsächlich nur Ozon — und nicht vielleicht auch Chlor oder unter-

[1] *Deutsche Klinik.* 1873.

chlorige Säure — die Reaction bedingt haben, so ergäbe sich aus der maassanalytischen Bestimmung, dass die stärkere Lösung (von 7·5 dgrm O_3 im Liter nach Angabe des Fabrikanten) 2·013 dgrm Ozon im Liter oder 9·38 Vol.-Procent und die schwächere (von 2·5 dgrm im Liter nach Angabe) 0·5517 dgrm O_3 im Liter oder 2·57 Vol.-Procent enthielt.

Beide Sorten „Ozonwasser" würden hiernach also nur etwa den vierten Theil der angegebenen Menge Ozon enthalten haben — immerhin aber noch recht concentrirte Lösungen des Gases darstellen.

Die von mir ausgeführte Prüfung des Lender'schen Ozonwassers hat nicht zu einem Resultat geführt, durch welches die Zweifel an der chemischen Zusammensetzung dieses Präparates als beseitigt anzusehen wären. Im gegebenen Falle, wo das Ozonwasser direct aus der Fabrik mit dem ausdrücklichen Bemerken, dass es zu Versuchen dienen sollte, bezogen war, wird man uns ein „Ozonwasser" ohne Ozon kaum geliefert haben. Ich bezweifle auch nicht das Vorhandensein des Ozons, muss aber vermuthen, dass neben diesem noch andere Körper, wie Chlor und unterchlorige Säure, welche zum grossen Theil die gleichen Reactionen — namentlich die bei der quantitativen Prüfung in Betracht kommenden — geben, im „Ozonwasser" zugegen sind. Wie dieselben hineinkommen, entzieht sich für mich vorerst der Erörterung; ihre Beimengung kann eine vorsätzliche oder auch eine unabsichtliche sein. Aehnlich liegt es mit den nicht flüchtigen Chlorverbindungen im Ozonwasser, denn auch diese können durch ungenügende Reinigung der Materialien u. dergl. — oder aber auch durch absichtliche Zusätze bewirkt sein, welche zum Zweck der Verschleierung des Gehaltes an Chlor und unterchloriger Säure dienen sollen. (Vgl. S. 12 u. 13.)

b) Bacteriologische Versuche.

Trotz des unsicheren Ergebnisses meiner auf die Klarstellung der chemischen Beschaffenheit des Ozonwassers gerichteten Ermittelungen war ich noch bemüht, auch das Verhalten des „Ozonwassers" gegenüber pathogenen Bacterien, über welches experimentelle Erfahrungen meines Wissens bisher nicht vorliegen, durch einige Versuche zu prüfen. Letztere mögen daher ebenfalls hier aufgeführt werden, obwohl ihre Bedeutung für die Beurtheilung des desinfectorischen Werthes wässeriger Ozonlösungen wegen der zweifelhaften Zusammensetzung der Lender'schen Präparate zunächst natürlich fraglich bleiben muss.

Ausser den unverdünnten „concentrirten" Lösungen kam von jeder Sorte zunächst eine Verdünnung zur Anwendung, welche nach den Lender'schen Angaben als „starkes Injections- und Gurgelwasser" (1·0 dgrm

n Liter) gebraucht werden soll. Ich arbeitete daher Anfangs mit vier ösungen, welche ich der Kürze halber wie folgt bezeichne:

Ia = „Ozonwasser 7·5 dgrm im Liter“ nach Lender,
Ib = 30 ccm von Ia : 225 ccm aq. dest.,
IIa = „Ozonwasser 2·5 dgrm im Liter“ nach Lender,
IIb = 90 ccm von IIa : 225 ccm aq. dest.

Hierzu kamen später noch zwei weitere Verdünnungen, welche nach ender als „einfaches Injections- und Gurgelwasser“ zu bezeichnen wären:

Ic = 15 ccm von Ia : 225 ccm aq. dest.,
IIc = 30 ccm von IIa : 225 ccm aq. dest.

Versuch 1.

Für den Versuch wurden von mehreren Bacterienarten in je vier, ccm Nährbouillon enthaltenden Röhrchen Reinculturen angelegt und 4 Stunden bei 36° C. gehalten. Dann wurde jedem derselben zunächst ne Platindrahtöse entnommen und in ein anderes Röhrchen mit ver-üssigtem (und schräg erstarrendem) Agar übergeimpft. Nun erfolgte der usatz von je 1 ccm einer der obigen Lösungen zu den Bouilloncultureu, orauf dann zu verschiedenen Zeiten sämmtlichen Bouillonröhrchen je vei Platindrahtösen entnommen und wie vorhin in verflüssigten Agar bertragen wurden.

In folgender Uebersicht, welche über die Ergebnisse der Culturver-iche Auskunft giebt, ist jedes der Röhrchen mit der Bezeichnung der-nigen „Ozonlösung“ versehen, welche der betreffenden Bouilloncultur, us der es geimpft war, (vorher oder nachher) zugesetzt wurde.

Abkürzungen.

Das Zeichen + bedeutet regelrechtes Wachsthum,
„ „ +* „ verzögertes Wachsthum,
„ „ — „ kein Wachsthum.

A. Vor Zusatz von „Ozonwasser“.

Eine Platinöse; Agarröhrchen bei Zimmertemperatur.

	Ia	Ib	IIa	IIb
1. Bacillus anthracis	+	+	+	+
2. Bacillus typhi abdominalis . .	+	+	+	+
3. Bacillus pneumoniae Friedlaend. .	+	+	+	+
4. Staphylococcus pyogenes aureus .	+	+	+	+

B. Nach Zusatz von „Ozonwasser".

Zwei Platinösen; Agarröhrchen bei Zimmertemperatur.

1. Nach 15 Minuten.

	Ia	Ib	IIa	IIb
1. Bacillus anthracis	—	—	—	—
2. Bacillus typhi abdominalis . .	—	+*	—	+*
3. Bacillus pneumoniae Friedlaend.	—	+	+	+
4. Staphylococcus pyogenes aureus .	+*	+	+	+

2. Nach 3 Stunden.

	Ia	Ib	IIa	IIb
1. Bacillus anthracis	—	—	—	—
2. Bacillus typhi abdominalis . .	—	—	—	—
3. Bacillus pneumoniae Friedlaend. .	—	+	+	+
4. Staphylococcus pyogenes aureus .	—	+	+*	+

3. Nach 24 Stunden.

	Ia	Ib	IIa	IIb
1. Bacillus anthracis	—	—	—	—
2. Bacillus typhi abdominalis . .	—	—	—	—
3. Bacillus pneumoniae Friedlaend. .	—	+	+	+
4. Staphylococcus pyogenes aureus .	—	—	—	—

Zugleich mit den Bouillonculturen hatte ich in einigen Röhrchen auch die früher benutzte Gartenerde der Einwirkung des „Ozonwassers" unterstellt, indem ich zu etwa 1 grm derselben immer 1 ccm Ozonwasser hinzuthat und dieses Gemisch 24 Stunden lang stehen liess. Die Resultate der nunmehr mit den Erdproben an Mäusen vorgenommenen Impfungen waren folgende.

	Ia	Ib	IIa	IIb
Gartenerde I	Tod nach 3 Tag. an malignem Oedem.	Tod nach 4 Tag. an Tetanus.	Tod nach 3 Tag. an malignem Oedem.	Tod nach 4 Tag. an Tetanus.
Gartenerde II	Bleibt am Leben.	Bleibt am Leben.	Tod nach 4 Tag. an Tetanus.	Tod nach 4 Tag. an malignem Oedem.

Theile der so behandelten Erdproben wurden ferner vergleichsweise in Agarröhrchen übertragen und ergaben durch massenhaftes Entstehen der verschiedenartigsten Colonieen in jedem einzelnen Falle auch das reichliche Vorhandensein saprophytischer Keime.

Die Gartenerde war also nicht desinficirt, während im Uebrigen nicht erhebliche Wirkungen des „Ozonwassers“ zur Beobachtung kamen. glicher Weise war die geringe Menge des wirksamen Agens im „Ozonsser“ durch Sättigung chemischer Affinitäten zu den verhältnissmässig chlich vorhandenen leicht zersetzlichen Bestandtheilen der Gartenerde in nspruch genommen. Diese Möglichkeit würde übrigens z. B. für Chlor ganz ähnlicher Weise in Betracht kommen, wie für Ozon.

Versuch 2.

Die schnelle Vernichtung der Milzbrandkeime im vorigen Versuch gt die Vermuthung nahe, dass es sich dort nicht um völlig ausgebildete oren handelte. Es erschien daher angezeigt, den Versuch mit einem ject von bekannter Widerstandsfähigkeit zu wiederholen. Als solches nutzte ich an Seidenfäden angetrocknete Milzbrandsporen, von welchen rch Versuche nachgewiesen war, dass sie eine dreistündige Einwirkung ckener Hitze von 100° C., ein drei Minuten langes Verweilen im römenden Wasserdampf und einen viertägigen Aufenthalt in fünfocentiger Carbolsäurelösung vertragen. Nachdem dieselben verschieden nge in den Lender'schen Lösungen gelegen hatten, wurden sie herausnommen und in Agar eingebettet. Ihr Wachsthum veranschaulicht gende Tabelle.

eit des Verweilens m „Ozonwasser“	Ia	Ib	Ic	IIa	IIb	IIc
5 Minuten . . .	+	+	+	+	+	+
20 „ . . .	+	+	+	+	+	+
1 Stunde . . .	+	+	+	+	+	+
24 Stunden . . .	—	—	—	—	—	—

Nach diesen Ergebnissen war der Zeitpunkt des Eintritts der Wirng hier nicht genau getroffen, da nach einer Stunde noch alle Sporen twickelungsfähig, nach 24 Stunden aber bereits alle getödtet waren. merhin ist ersichtlich, dass die Lender'schen Lösungen unter nständen desinficirende Wirkungen auszuüben vermögen; bei bleibt es freilich eine offene Frage, inwieweit diese istung auf Rechnung des Ozons zu setzen ist oder durch terchlorige Säure u. dgl. bewirkt war.

Aeussere Umstände nöthigen mich, die Untersuchungen über diesen genstand abzubrechen, und so muss ich mich mit der hier dargellten Vorprüfung desselben begnügen. Gleichwohl dürfte letztere die fforderung enthalten, vor Allem die chemische Natur des „Ozonwassers“ dlich einmal über allen Zweifel zu erheben. Nur die Gewissheit, dass

das Lender'sche „Ozonwasser“ als wirksames Agens einzig Ozon, diese aber gleichmässig in beachtenswerther Menge enthalte, kann zu eingehenden bacteriologischen Versuchen Veranlassung geben. Diese würden dann zu entscheiden haben, ob das im gasförmigen Zustande als Desinficiens nicht verwerthbare Ozon als solches wirksam und brauchbar ist in Form wässeriger Lösungen.

Bezüglich des „Antibakterikon“, des als ölige Ozonlösung empfohlenen Präparates des Dr. O. Ringk (s. S. 13), dessen Brochüre mir beim Abschluss dieser Arbeit zugeht, steht mir ein bestimmtes Urtheil nicht zu. Der Eindruck, den ich beim Durchlesen der Abhandlung gewonnen, lässt mir jedoch diese nach Form und Inhalt wenig dazu geeignet erscheinen, um zu Gunsten des Antibakterikons den Zweifeln, welche im Allgemeinen hinsichtlich der Ozonpräparate — und zwar gewiss nicht ohne Grund — bestehen, von vornherein den Boden zu entziehen.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, Herrn Professor Wolffhügel für die Anregung und vielfache Unterstützung bei Aufnahme und Ausführung dieser Arbeit meinen besten Dank auszusprechen.